

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-104986

(43)公開日 平成9年(1997)4月22日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 3 C 16/54			C 2 3 C 16/54	
16/44			16/44	B
H 0 1 L 21/205			H 0 1 L 21/205	
21/285			21/285	C
	3 0 1			3 0 1 R
審査請求 未請求 請求項の数15 F D (全 24 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平8-250965
(62)分割の表示 特願平5-174896の分割
(22)出願日 平成5年(1993)6月22日

(31)優先権主張番号 特願平4-190040
(32)優先日 平4(1992)6月24日
(33)優先権主張国 日本(J P)

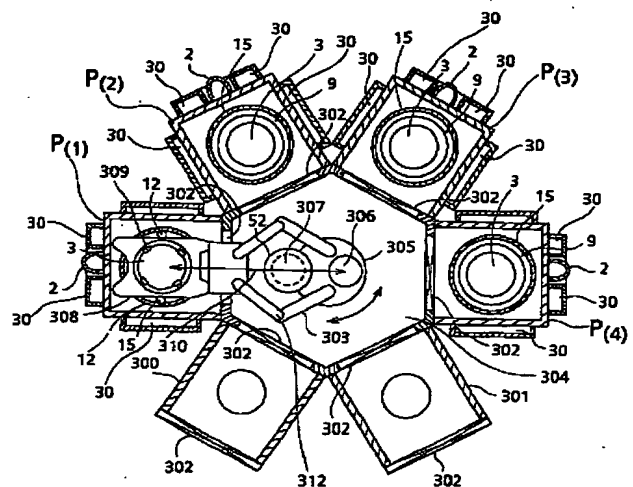
(71)出願人 000227294
アネルパ株式会社
東京都府中市四谷5丁目8番1号
(72)発明者 水野 茂
東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル
パ株式会社内
(72)発明者 勝俣 好弘
東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル
パ株式会社内
(72)発明者 高橋 信行
東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル
パ株式会社内
(74)代理人 弁理士 田宮 寛社

(54)【発明の名称】 基板処理方法及びCVD処理方法

(57)【要約】

【課題】 マルチチャンバ方式のCVD装置で、反応容器相互間でダストパーティクルのコンタミネーションを防止し、かつひとつの反応容器内のメンテナンス作業をしても他の反応容器内で継続して薄膜形成処理ができるようにし、薄膜形成処理のスループットを向上する。

【解決手段】 複数の処理用真空容器と基板搬送用真空容器を有する。基板搬送用真空容器に少なくともふたつの基板を保持できる搬送用ロボットが配置される。ブランケットW膜の成膜処理工程ではT i N成膜処理とW膜成膜処理とエッチバック処理が必要となる。T i N成膜処理とエッチバック処理は別の薄膜形成装置で行う。すべての処理用真空容器がCVD処理用であるマルチチャンバ方式のCVD装置の方はひとつのブランケットW膜の成膜処理工程の時間を短くする。少なくともふたつの基板を保持できる搬送用ロボットによって、処理された基板を搬出入用ロードロック真空容器に搬送する工程と未処理の基板を搬送する工程をひとつの工程とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 n 個のCVD処理用真空容器P(1)、P(2)、P(3)・・・P(k)、・・・P(n-1)、P(n) (但し、 $n \geq 3$)とそれらの中心に位置する基板搬送用真空容器内に少なくとも2つの基板を保持する多関節ロボットと各CVD処理用真空容器に熱媒体が循環する循環路が備え付けられているマルチチャンバ方式CVD装置における基板処理方法において、

(a) CVD処理用真空容器P(1)からP(n)に基板を処理させ、

(b) 第1回目のメンテナンス作業は、P(1)においては W_m 、P(2)・・・P(n)においては $W_m - (n-1)W_c$ の基板を処理した後に行ない、

(c) それ以降の第N回目のメンテナンス作業は、P(1)においては $W_m + W_c + (W_m + W_c)(N-1)$ 、P(2)においては $W_m + (W_m + W_c)(N-1)$ 、・・・、P(k)においては $W_m - (k-1)W_c + (W_m + W_c)(N-1)$ 、・・・、P(n)においては $W_m - (n-1)W_c + (W_m + W_c)(N-1)$ の基板を処理した後に、

ここにおいて、それぞれのCVD処理用真空容器のメンテナンス作業は、メンテナンス作業時間 T_m 内に行い、さらに、ここで、 W_m はメンテナンス作業を始めるまでに処理されるあらかじめ設定した基板の枚数であり、 W_c は、 $W_c = T_m / t$ で導きだされ、 W_c は、ひとつのCVD処理用真空容器でメンテナンス作業中に他のひとつのCVD処理用真空容器が処理する基板の枚数であり、 t は1枚の基板を搬出入用ロードロック真空容器から出ていき、CVD処理用真空容器で処理され、搬出入用ロードロック真空容器に戻るまでの時間であることを特徴とする基板処理方法。

【請求項2】 請求項1記載の基板処理方法において、循環路を循環する熱媒体の設定温度の範囲は、CVD反応で生じる副生成物の飽和蒸気圧の温度以上、CVD反応で薄膜の生成する温度以下であることを特徴とする基板処理方法。

【請求項3】 請求項2記載の基板処理方法において、CVD反応でW膜が基板上に堆積し副生成物がHFガスであるとき、熱媒体の温度は約70℃以上約200℃以下であることを特徴とする基板処理方法。

【請求項4】 請求項2記載の基板処理方法において、循環路を循環する熱媒体は水または油であることを特徴とする基板処理方法。

【請求項5】 請求項2記載の基板処理方法において、多関節ロボットがひとつの基板をつかむハンドとふたつの基板待機用ステージを有する蛙足型多関節ロボットであるとき、その搬送工程は、(a)搬出入用ロードロック真空容器から未処理の基板をひとつの基板待機用ステージにのせて、(b)CVD処理用真空容器に面するように回転し、(c)そのCVD処理用真空容器内から処

理済み基板を取り出して、もうひとつの基板待機用ステージにのせ、(d)そして、未処理の基板をそのCVD処理用真空容器内に置くことを特徴とする基板処理方法。

【請求項6】 請求項2記載の基板処理方法において、メンテナンス作業は基板を固定するリング状固定部材の反応ガスにさらされる露出部分を取り替える作業を含むことを特徴とする基板処理方法。

【請求項7】 請求項2記載の基板処理方法において、反応ガスにさらされる露出部分が基板上に堆積する膜と熱膨張係数と同じ材質でできていることを特徴とする基板処理方法。

【請求項8】 n 個のCVD処理用真空容器P(1)、P(2)、P(3)・・・P(k)、・・・P(n-1)、P(n) (但し、 $n \geq 3$)とそれらの中心に位置する基板搬送用真空容器内に少なくとも2つの基板を保持する多関節ロボットと各CVD処理用真空容器に熱媒体が循環する循環路が備え付けられているマルチチャンバ方式CVD装置における基板処理方法において、G個の群のうちあるひとつの群のCVD処理用真空容器GP

(1)、GP(2)、GP(3)・・・GP(Nu)、GP(Nu+1)において、

(a) はじめに、CVD処理用真空容器GP(1)からGP(Nu)に基板を処理させ、

(b) 基準処理枚数 W_c に達した時点で、GP(1)の処理をやめ、それと同時に、GP(2)からGP(Nu)の処理を継続しながら、GP(Nu+1)の処理を開始し、つぎに、基準処理枚数が $2 \times W_c$ になったとき、P(2)の処理やめて、GP(1)の処理を開始し、GP(Nu-1)で基板の処理枚数が $(Nu-1) \times W_c$ に達するまで、この手順を続け、

(c) GP(Nu)のCVD処理用真空容器で、あらかじめ設定したメンテナンス作業基準枚数 W_m に達した時点でメンテナンス作業を開始し、

(d) GP(Nu)のメンテナンス作業をメンテナンス作業時間 T_m 内に行い、

(e) T_m 後にGP(Nu+1)のメンテナンス作業を開始し、メンテナンス作業を所要期間 T_m 内に行い、次の T_m 後にはGP(Nu+1)のメンテナンス作業を開始し、メンテナンス作業をこの手順で繰り返し、この手順を各群も同時に行い、

(f) それとともに、各群のCVD処理用真空容器での基板処理と同時に、あまりのCVD処理用真空容器RPすべて、メンテナンス作業基準枚数 W_m まで基板の処理し続け、メンテナンス作業基準枚数 W_m に達した時点で、R個のCVD処理用真空容器すべてをメンテナンス作業を T_m 時間に行い、ここで、基板処理枚数 W_c は $W_c = T_m / t$ で導き出され、ここで、メンテナンス作業時間 T_m はあらかじめ設定した時間であり、

3

最大使用処理用真空容器の個数 Nu は、
 $Nu = Wm / Wc$ で導き出され、ただし、 $Nu \geq 2$ であり、

さらに、群の個数 G は、
 $G = n / (Nu + 1)$ で導き出され、そのときの、あまりのCVD処理用真空容器 RP の個数を R とし、ただし、 $0 \leq R < Nu + 1$ であることを特徴とする基板処理方法。

【請求項9】 請求項8記載の基板処理方法において、最初に Wc ずつの枚数ごとに中止した $GP(1)$ から $GP(Nu)$ は、つぎの処理が開始するまで、メンテナンス作業を Tm 内に行うことを特徴とする基板処理方法。

【請求項10】 請求項8記載の基板処理方法において、多関節ロボットがひとつの基板をつかむハンドとふたつの基板待機用ステージを有する蛙足型多関節ロボットであるとき、その搬送工程は、(a)搬出入用ロードロック真空容器から未処理の基板をひとつの基板待機用ステージにのせて、(b)CVD処理用真空容器に面するように回転し、(c)そのCVD処理用真空容器内から処理済み基板を取り出して、もうひとつの基板待機用ステージにのせ、(d)そして、未処理の基板をそのCVD処理用真空容器内に置くことを特徴とする基板処理方法。

【請求項11】 少なくとも3個のCVD処理用真空容器が備えられ、それらのおおのは、同一CVD処理を行うために設定されており、
 おおののCVD処理用真空容器では同一CVD処理が行われ、
 所定期間に一時的に保守作業を行うために、いかなる時にも最大数の真空容器が稼働するように、前記複数の真空容器のおおのを順次を選び出して保守作業を行い、
 ここにおいて、前記複数のCVD処理用真空容器は、同一のCVD処理のためのみに使用される、
 ことを特徴とする統合形マルチチャンバCVD処理システムにおけるCVD処理方法。

【請求項12】 請求項11記載のCVD処理方法において、同一CVD処理が W 膜堆積処理であることを特徴とするCVD処理方法。

【請求項13】 請求項11記載のCVD処理方法において、おおのの容器は、その容器内に反応ガスを供給するための反応ガス供給手段と、その容器内で基板を保持するための基板ホルダと、その基板ホルダに対して固定位置で基板の第2表面を保持するために基板の第1表面と接触をするリング形状部材とを備え、基板の平均温度より高い温度の基板の領域に対応する基板ホルダの表面領域は、削られて段差部分を形成していることを特徴とするCVD処理方法。

【請求項14】 請求項13記載のCVD処理方法において、基板ホルダ表面の対応領域は、その基板領域と平均基板温度との差に比例した深さで削られていることを

4

特徴とするCVD処理方法。

【請求項15】 請求項13記載のCVD処理方法において、リング形状部材には、離れた個々の位置で基板と接触する複数の接触部材があることを特徴とするCVD処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体製造工程において化学反応を用いた気相成長を利用して薄膜を形成するCVD装置による基板処理方法に関する。特に本発明は、マルチチャンバ方式のCVD装置(an integrated module multi-chamber CVD processingsystem)を用いた基板処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 最近の半導体製造の分野においては、半導体素子の集積回路の高集積化・微細化が進んでいる。それに伴い、半導体素子の信頼性を保持するため、半導体回路を形成する配線への役割も大きくなっている。特に、半導体素子の配線の微細化に伴い、その配線の良好な耐性及び良好な品質が要求されている。配線の微細化は、配線に流れる電流の電流密度を高くするため、エレクトロマイグレーションを起こし易くなる。これが原因となって断線を発生させる。現在の配線材料である Al は、スパッタリング法によって形成される。この方法では、微細なコンタクトホール部では段差被覆性(ステップカバレッジ)が劣化する。コンタクトホール部での底や側壁への膜厚が、平坦部の膜厚に比べて非常に薄くなる。その結果、コンタクトホール部の底部や側壁では断線がいっそう起こり易くなるため、半導体素子の信頼性を低下させる原因となる。

【0003】 このような微細コンタクトホール周辺の配線形成をするために、従来のスパッタリング法による Al の成膜に代わる新しい成膜技術が導入されようとしている。その成膜技術のひとつとして、現在、化学的気相成長法(いわゆる熱CVD法)による W 膜(以下、ブランケットタングステンという)が注目されている。この化学的気相成長法によれば、反応容器内に原料ガスである WF_6 (6フッ化タングステン)と還元ガスである H_2 を導入し反応容器内の圧力を $10 \sim 100 Torr$ とし、通常 $400 \sim 500^\circ C$ に加熱された基板上で WF_6 と H_2 が反応して W 膜が基板上に形成する。通常、この反応はその成膜速度が基板温度に依存する条件で行われる。すなわち、基板上での素反応が反応律速条件下で行われる。

【0004】 この方法によれば、段差被覆性の点で、開口径 $0.5 \mu m$ アスペクト比(深さと幅の比)が2以上の微細コンタクトホールでもコンタクトホール内に均一な膜厚の W 膜を形成することができる。さらに、材質の点で、 W 膜はエレクトロマイグレーション耐性も高い。そのため配線がより微細になっても、非常に信頼性の高

5

い配線を形成することができる。

【0005】このようなW膜を基板上に形成するための薄膜形成装置について説明する。

【0006】図9は従来用いられてきた化学的気相成長法によってブランケットW膜を形成するためのCVD装置の概略図である。

【0007】後方のランプヒータ5によって加熱された基板保持体4上に基板3を置き、上下可能な基板固定具9によって基板3のへりの部分を全部に渡って押し当てて基板3を固定する。

【0008】基板保持体4の温度は熱電対6によって測定され制御される。所望の温度に設定された基板保持体4上に基板3が置かれる。基板固定具9で基板3を基板保持体4上に固定させる。対向に位置するガス吹き出し部17より反応ガスが装置内に導入され基板3上に所望の薄膜が反応によって形成される。未反応ガスおよび副生成ガスは排気部2より排気される。また、米国特許5,033,407の技術により、下部ノズル20よりパーージArガスを導入し石英窓7上への成膜および基板3の側面や裏面に成膜しないようにしている。

【0009】一方、配線としてブランケットW膜はその下地に密着層としてTiW膜またはTiN膜を必要とする。TiW膜またはTiN膜はブランケットW膜の前工程としてスパッタリングによって形成される。しかし、その際、基板のへりの部分はスパッタリング用のリングチャックの影によってTiN（またはTiW）膜が堆積せず下地のSiO₂が露出したままとなる。

【0010】そのためブランケットW膜がこのSiO₂上に形成すると、ブランケットW膜とSiO₂は密着性が悪いので短時間でハガレを起こす。ハガレを起こせばそれはゴミの発生原因となり、装置内はもとより基板搬送系全体へのダストパーティクル汚染の原因となる。ダストパーティクルは半導体製造工程に悪影響をおよぼし半導体素子の歩留まりを低下させる。

【0011】従ってブランケットW成膜においてはこのSiO₂部分を隠しこの部分に成膜しないようにしなければならない。そのためブランケットW成膜処理においてはリングチャックの形状とスパッタリングにおけるリングチャックの形状との整合をとっていた。ブランケットW成膜用のリングチャックの内径をスパッタリングのリングチャックの内径より小さくし、リングチャックを全面に渡って基板に密着させていた。リングチャックと基板を密着させることでSiO₂部分に反応ガスが侵入するのを防いだ。これにより、SiO₂上にブランケットWが成膜するのを防止した。

【0012】ここで基板のへりの部分をリングチャックで覆い基板のへりの部分のある一定幅は成膜されず成膜範囲を限定することをシャドウ形成と呼ぶ。また、基板のへりの部分の成膜されないある一定幅をシャドウと呼ぶ。

6

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかし上記従来の装置には以下のような問題点があった。

【0014】すなわちWF₆とH₂との反応によるW薄膜の形成の場合、その成膜速度が基板温度に大きく依存するため、基板上に堆積する膜の膜厚分布は基板温度分布で決定される。従ってまず均一な膜厚分布を得るためには基板の温度分布が均一でなければならない。しかし上記従来の装置では基板3と基板固定具9が基板のへりの部分に沿って接触しているため、その接触部を伝わって基板固定具9に熱が移動する。その結果、基板のへりの部分から基板固定具9の逃げる熱量が大きく基板のへりの部分付近での温度低下が起こる。全基板表面上の膜厚分布を均一にすることが達成できなかった。

【0015】図13は従来の装置において基板3上に成膜したW膜のシート抵抗値の分布の一例であり、基板半径方向のシート抵抗値の分布を示した図である。シート抵抗は膜厚に反比例するためシート抵抗値が高いほどその部分の膜厚が薄いことを示す。したがって、そのシート抵抗値が高い箇所では温度が相対的に低く成膜速度が遅くなっていることを意味する。逆に、シート抵抗値が低いほどその部分の膜厚が厚く、従って、その箇所は温度が相対的に高く成膜速度が速くなっていることを意味する。図13によれば基板のへりの部分付近のシート抵抗の上昇が著しく、基板の中央付近に比べて温度が低く膜厚が薄くなっていることいえる。また、基板3の温度分布は、基板保持体4の温度分布の影響も大きく受ける。その基板保持体4の温度分布は、後方のランプヒータ5の照射分布の影響を最も大きく受ける。従って、本装置で用いられているサークルヒータなど非対称形や切れ目のある場合は基板保持体4の温度分布が不均一になることで、基板3の温度分布も不均一になり、その結果、全基板上の膜厚分布が不均一になる。また均一な光照射が得られたとしてもランプヒータ5と基板3との位置関係、および、基板3と基板固定具9の接触位置に起因して、基板表面上の温度分布が不均一となることがある。ランプヒータの均一な光照射が達成できたとしても基板上の膜厚分布の均一性は達成できない。しかも、その場合は反応容器（反応室）をわざわざ大気開放して基板3を移動させてランプヒータとの位置関係を調整しなおしたり、基板3と基板保持体4および基板固定具9の接触位置関係を調整しなおしたりする必要がある。

【0016】図12は、従来装置において基板3上に成膜したW膜のシート抵抗値の分布を等シート抵抗値線で表している。ふたつの半円形ランプヒータの配置とシート抵抗値分布との関係を容易に理解できるよう等シート抵抗値線の図の左側に半円形ランプヒータの配置を一緒に示した。図12から明らかなように従来装置では半円形ランプヒータの切れ目でシート抵抗値が高い。それゆえに、シート抵抗値が高いところの基板の温度が低くな

7

っていることを示す。また、一方で半円形ランプヒータの腹の部分でシート抵抗値が低い。それゆえに、シート抵抗値が低いところの基板の温度が高くなっていることを示している。このことは前述の基板温度分布がランプヒータの形状および配置位置に著しく依存し、それ故に不均一な膜厚分布になってしまうことを示している。

【0017】また図9に示すような従来のCVD装置では、図10に示すように、基板固定具102で基板101を固定し、基板101上に薄膜を形成すると、基板101に接触する基板固定具の表面上においても薄膜201が堆積する。さらに、その薄膜201は基板101から接触部104及び基板固定具102ひとつづきにつながって形成される。そのため薄膜処理終了後に、基板101から基板固定具102がはなれるとき、図11に示すような薄膜のはがれによる微細な小片202が発生する。すなわちマイクロピーリング(micro-peeling)を起こし、ダストパーティクルが発生する。基板固定具102がもちあげられるとき、マイクロピーリング(micro-peeling)により発生したダストパーティクルは基板上101に落下する。このマイクロピーリング(micro-peeling)により発生したダストパーティクルは半導体素子の生産の歩留まりを低下させる主要な要因となる。ダストパーティクルの発生は半導体製造の品質管理の点で深刻な問題となる。図14は、図9に示す従来装置によって基板上に形成したブランケットW薄膜領域のへりの部分にマイクロピーリングが発生したことを示す光学顕微鏡写真である。

【0018】また、一ヶ箇所でも基板、基板と基板固定具の接触部及び基板固定具とひとつづきにつながって薄膜が形成されると、マイクロピーリング(micro-peeling)を起こし、ダストパーティクルを発生してしまう。米国特許5,094,885のCVD装置では、そのCVD装置の基板とクランプリングの接触を示す図3からあきらかなように、数カ所でマイクロピーリング(micro-peeling)を起こし、ダストパーティクルを発生してしまう。

【0019】CVD法によるブランケットタングステン膜の成膜時間には、約4分から5分かかる。CVD法の成膜時間はマグネトロンスパッタリング法による成膜時間に比べ約4から5倍かかる。そのため枚葉方式(single wafer processing type)のCVD装置では、スループットの向上がはかれない。そこで、米国特許5,094,885及び5,33,284に示されているようなバッチ式(batch processing type)のCVD装置が、ブランケットW膜の成膜処理に用いられている。しかし、バッチ式CVD装置では、ひとつの真空容器内に設置してある各処理ステーションで発生するダストパーティクルが、他の処理ステーションを汚染(コンタミネーション)する。そのため、半導体素子の生産の歩留まりの向上がはかれない。さらに、CVD装置のメンテナンス

8

作業のひとつとして通常、その反応容器内をクリーニング作業を行う。バッチ式CVD装置では、各処理ステーションが設置してある真空容器内をクリーニングするとブランケットW膜の成膜処理が中断してしまう。バッチ式の反応容器は枚葉式の反応容器に比べ容量が大きいため、クリーニング作業の労力がかかり、結果的にはメンテナンス時間が枚葉式の反応容器に比べ非常に長くなる。そのため、バッチ式CVD装置では、週単位または月単位で稼働率が低くなる。結果的には、スループットの向上がはかれない。そこで、米国特許5,158,644に示されるようなセルフクリーニング機構を有する枚葉方式CVD装置が、ブランケットW膜の成膜処理に用いられている。しかし、このセルフクリーニング機構(プラズマクリーニング)を有する枚葉方式CVD装置では、成膜処理とクリーニング処理の2つの工程を行うので、1枚のウェハの成膜処理時間がW成膜処理のみの処理時間よりも2倍以上かかる。この方式でも、結果的には、スループットの向上がはかれない。

【0020】本発明の目的は、薄膜形成処理のスループットを向上することにある。より詳しくは、マルチチャンバ方式の薄膜形成装置(an integrated module multi-chamber vacuum processing system)をもちいることで、反応容器相互間でダストパーティクルのコンタミネーションを防止しながら、かつ、ひとつの反応容器内のメンテナンス作業をしても他の反応容器内で継続して薄膜形成処理ができることにより薄膜形成処理のスループットを向上することが本発明の目的である。

【0021】本発明に係る基板処理方法又はCVD処理方法が実施されるブランケットタングステン成膜するCVD装置は、上記の目的を達成するため、下記の、より細かく分けられた具体的な目的1~5を達成するものであり、各々の目的を達成するため、以下に述べる各手段を特徴として有している。

1. 均一な膜厚分布を達成すること。
2. マイクロピーリングを起こさないこと。
3. マイクロピーリング以外のダストパーティクルの発生を防止すること。
4. 基板処理のスループットを向上すること。
5. メンテナンス作業の労力を軽減すること。

【0022】

【課題を解決するための手段および作用】

【0023】第1の目的である均一な膜厚分布を得ること。5つの手段によりこの目的を達成している。

【0024】(1)第1の手段として、基板のへりの部分でリング状固定部材が接触して基板を固定するために、リング状固定部材の内径円の径を基板の径より小さくし、そのリング状固定部材の接触部分を複数の点接触部で固定する。(a)点接触部の数は少なくとも3つで、(b)すべての接触部は、リング状固定部材の中心軸に面する接触部の側面が内径円の径より大きな同心円

の円周上に位置し、(c)さらに、等間隔で配置される。さらに、これらの点接触部の外側の側面を基板の側面にそろう位置に配置することで基板を固定させるようにした。

【0025】基板固定具による基板の固定方法を点接触としたため、従来の全周接触固定に比べ接触面積が著しく減少した。その結果、基板のへりの部分の温度の低下の原因である基板から基板固定具への熱が逃げる量も減少できる。基板固定具と接触する基板のへりの部分周辺での温度の低下の度合いが従来に比べて少なくなり、それ故、より均一に基板温度分布は達成でき、その結果、基板上の膜厚分布の均一性も向上する。

【0026】(2)第2の手段として、基板を設置する基板支持台の基板と接触する表面に段差加工を施す。その段差加工される範囲(円形ならば半径、ドーナツ状ならば内径と外径)およびその段差の深さは、基板の平均温度との差で決定する。とくに、基板の平均温度よりも高い温度領域に対応する基板支持台の表面を段差加工する。基板の加熱は基板支持台から基板の接触による熱の移動と両者間の間隙に存在するガスによる熱伝導によって行われる。段差加工を施すことによってその部分での基板と基板支持台間の接触がなくなるため接触による基板支持台から基板への熱の移動現象がなくなる。接触している場合よりも、熱が移動する量が減少するため、段差加工された領域に対応する基板の温度が低くなる。その結果、段差加工を施した領域での基板と基板支持台間の熱移動は、その間隙に存在するガスによる熱伝導現象のみとなる。成膜中での雰囲気圧力が数10 Torrであるからその段差加工を施した領域で形成される空間内でも圧力は数10 Torr以上となり粘性流領域となっている。粘性流領域であるため、基板と基板支持台間の熱の移動速度は、両者間の距離と段差加工により形成された空間内に存在するガスの種類に依存する。すなわち、特定のガスがその段差加工を施した領域での空間内に存在することがわかれば、段差の深さを調節することで基板の温度低下の割合を調節できる。基板支持台への段差の深さは0.01mm単位で精密加工することができる。そこで、膜厚分布から温度が高い領域を判断し、その温度の高い領域に対応した基板支持台に段差加工を施す。そうすれば、その段差加工した領域に対応する付近での基板の温度を低下させることができる。さらに、その低下の割合を段差の深さで制御できる。現代の機械加工技術であれば、基板支持台への段差の深さは0.01mm単位で精密加工することができる。このような段差加工を施した基板支持台をもちいると、図8および図13から知り得るように、段差加工しない基板支持台をもちいたときに比べ基板全体の温度は低下する。しかし、ここで重要なことは、基板全体の温度分布を均一にすることである。そのため、基板全体の温度は低下はとくに問題ではない。なぜなら、加熱機構の加熱の強

度を調整して、基板支持台に供給される熱量を増加すれば基板の温度は上昇できるからである。

【0027】(3)第3の手段として、(a)反応容器外に複数の加熱機構が備え付けられ、(b)各加熱機構はそれぞれ独立の出力制御機構を有しており、さらに、

(c)基板の周辺の後方にそれぞれの加熱機構が配置されている。とくに、基板とリング状固定部材との接触部分の周辺の後方に加熱機構は配置されている。複数の点接触を有するリング状の固定部材で基板のへりの部分を固定するときは、加熱機構は基板の中心の同心円上に等間隔に配置することになる。反応容器外に加熱機構が設置されていれば、反応ガスによる化学的侵食や加熱機構表面の膜付着などによる性能の低下を防止できる。反応容器外から加熱する最適な加熱機構として、ランプヒータがあげられる。ランプヒータから照射される光は反応容器に組み込まれた光透過材(light-transmissive material)の窓を通して基板支持台が加熱される。それぞれランプヒータが別個に電力の制御が可能となっているため、従来のサークルヒータや半円径ヒータを用いた場合に避けられないランプヒータの切れ目による不均一な光照射が生じることはない。さらに、基板支持台および基板固定具などに起因した基板の温度の偏りを補正することが可能となる。従って、ランプヒータの配置関係とランプヒータの投入電力を調整することで、基板の温度分布を均一にすることができ、その結果、膜厚分布も均一にすることができる。さらに基板の温度補正は、反応容器を大気開放することなく行える利点も有している。

【0028】(4)第4の手段として、リング状固定部材の内部に流れる熱媒体の流路を形成する。この熱媒体の温度は、せいぜい、CVD反応によって薄膜が堆積するために必要な温度にする。薄膜が堆積する温度以上であるとリング状固定部材の表面に薄膜が堆積するのを促進してしまう。リング状固定部材の内部に熱媒体が循環することでリング状固定部材が加熱される。基板とリング状固定部材の接触部との温度差が少なくなるのでその温度差による熱量の移動を抑制することができる。したがって、基板のリング状固定部材の接触部分での温度が低下するのを防止できる。CVD反応によるW膜の成膜処理には、せいぜい約200℃程度に加熱された媒体で十分である。熱媒体の温度が200℃以上であるとリング状固定部材上にW膜が堆積するのを促進ので好ましくない。熱媒体として、Arガス、N₂ガスなどの不活性ガス、油、水がある。とくに、不活性ガスが好ましい。さらに、不活性ガスが、真空容器内にもれても、CVD反応に影響を与えない。

【0029】(5)第5の手段として、光透過材(light-transmissive material)でできた窓を有する反応容器と、その反応容器内に窓と対向する位置に基板保持体が配置され、反応容器内で窓と基板保持体の間、基板保持体とリング状固定部材の間およびリング状固定部材と

基板との間でパージガスが流れる通路を形成することにある。この通路の一部である基板保持体と光透過材の窓との間をパージガスが通るとき、反応容器外に備え付けられた複数の加熱機構によってパージガスが加熱される。パージガスが加熱されることで、リング状固定部材と基板との間隙を通るとき、パージガスがリング状固定部材の基板との接触部分や基板のリング状固定部材との接触部分から熱を奪うことはない。パージガスがリング状固定部材と基板との間隙を通ることで、基板の温度分布を不均一にすることはない。

【0030】第2の目的であるマイクロピーリングを発生させないこと。

【0031】(6) マイクロピーリングを発生させず、急峻なシャドウ境界を得るために、基板のへりの部分にリング状固定部材が接触して基板を固定する手段として、リング状固定部材の内径円の径を基板の径より小さくし、そのリング状固定部材の接触部分を複数の点接触部で固定する。(a) 点接触部の数は、少なくとも3つで、(b) すべての接触部は、リング状固定部材の中心軸に面する接触部の側面が内径円の径より大きな径の同心円の円周上に位置し、(c) さらに、等間隔で配置

(第1の手段) したことにより、基板のへりの部分とリング状固定部材の重なる部分に間隙が形成される。そこで、第6の手段として、その間隙を通してパージガスを化学反応によって薄膜が堆積している空間に吹出すようにするパージガス供給機構を設ける。第1の手段及び第6の手段により、基板の表面にブランケットW膜の成膜処理が行われるとき、反応ガスが間隙内部に侵入するのをパージガスで阻止できる。さらに、パージガスの流量を調節することで、その成膜領域のへりの部分が、リング状固定部材の内径円にほぼ一致するように薄膜の形成領域が制限できる。これにより、反応ガスが、基板とリング状固定部材が接触する点接触部に及ぶことはない。その結果、基板と点接触部がひとつづきにわたって薄膜が形成されることはない。マイクロピーリングが生ぜず、微細なダストパーティクルが発生しない。また明確な幅を有するシャドウ領域が形成されたため、SiO₂の露出面に成膜領域が及ばない。SiO₂の露出面に堆積した膜のはがれによるパーティクルの発生も防止することができる。また、リング状固定部材の内径円の半径は、あらかじめ堆積したTiN(またはTiW)膜の成膜領域でリング状固定部材の中心軸Oとその成膜領域との最短距離より短くする。そうすれば、SiO₂の露出面にW膜が形成するのをよりいっそう防止できる。さらに、下地層であるTiN(またはTiW)膜上に確実にW膜を形成することができる。

【0032】リング状固定部材の中心軸に面する接触部の側面が位置する同心円の半径が、あらかじめ堆積したTiN(またはTiW)膜の成膜領域でリング状固定部材の中心軸Oとその成膜領域との最長距離より長くす

る。そうすれば、接触部は、基板のSiO₂の露出面上にのみに接触する。TiN(またはTiW)膜上に接触部が接触してTiN(またはTiW)膜がはがれる原因とならない。

【0033】第3の目的であるマイクロピーリング以外のダストパーティクルの発生防止

【0034】(7) マイクロピーリング以外のダストパーティクルの主要な発生原因として、基板以外に堆積した膜のはがれの現象が考えられる。そこで、基板以外に堆積した膜のはがれを防止するため、第7の手段として、リング状固定部材が反応ガスにさらされる露出部分とその他の部分で組立られているようにする。このばあい、反応が生じる空間に面するリング状固定部材の表面の材質を基板上に堆積する薄膜と同じにする。WF₆とH₂が反応してW膜が基板上に形成する場合、この化学反応によりW膜が堆積するためには、約200℃以上の表面上でなければならない。基板以外で約200℃以上となるのはリング状固定部材である。そのためリング状固定部材の表面上のみにW膜が堆積する。そこに堆積したW膜のはがれの原因となるのは、下地との熱膨張との差により内部応力が発生するからである。リング状固定部材上に堆積したW膜が、その下地のリング状固定部材との熱膨張の差により内部応力が生じる程の膜厚に成長すると、はがれが発生する。そのはがれた小片がダストパーティクルとして歩留まりの低下の原因ともなる。そこで、リング状固定部材の露出部分上に堆積したW膜が熱膨張の差により内部応力が生じないように下地であるリング状固定部材の露出部分の材質をタングステンとする。または、リング状固定部材の露出部分の表面を予めW膜をコーティングしてもよい。さらに堆積する膜と同じ熱膨張係数の材料を下地のリング状固定部材にしてもよい。W膜であれば、商標「モネルメタル」(“MONEL” metal)として市販されているニッケルと銅の合金が最適である。

【0035】(8) 上記以外のダストパーティクルの発生原因として真空容器内の部品の摺動部からの発生、およびメンテナンス作業中に真空容器内に外部からダストパーティクルが侵入ことが考えられる。これらの発生を直接防止する対策よりも、むしろCVD装置内の各真空容器間で相互にダストパーティクルが汚染しあわないようにする対策の方が、歩留まり向上の達成のための手段として、簡単で容易である。そこで、第8の手段として、マルチチャンバ方式の薄膜形成装置(an integrated module multi-chamber vacuum processing system)をもちいる。

【0036】マルチチャンバ方式薄膜形成装置を構成する各真空容器の基本的配置設計は、ひとつの基板搬送用真空容器とそのまわりに複数の処理用真空容器と搬出入用ロードロック真空容器が配置されていることによる。基板搬送用真空容器には基板搬送機構が配置され

てい。各処理用真空容器及び搬出入用ロードロック真空容器と基板搬送用真空容器の間には、開閉用のゲートバルブが備えられている。さらに、各処理用真空容器内では、ひとつの基板が処理される。また、それぞれ真空ポンプが備え付けられている。このマルチチャンバ方式薄膜形成装置においては、ひとつの処理用真空容器に基板を搬送し、その処理用真空容器と基板搬送用真空容器間のゲートバルブが閉まり、その処理用真空容器内で基板が処理され、その処理済み基板がとり出され、搬出入用ロードロック真空容器に納められて、そして、その搬出入用ロードロック真空容器のゲートバルブが閉まるまでがひとつの処理工程である。この間、その他の処理用真空容器のゲートバルブは閉めたままとする。このような処理条件によれば、ひとつの処理用真空容器内に存在するダストパーティクルは、その他の処理用真空容器に侵入することはない。また、この間、ゲートバルブが閉められて処理用真空容器が基板搬送用真空容器から孤立していても、各真空容器には真空ポンプが備え付けられているので、各処理用真空容器内は適切な圧力に設定することができる。

【0037】第4の目的として基板処理のスループットを向上すること。

【0038】(9) 第9の手段として、以下のような特徴をもつマルチチャンバ方式のCVD装置(an integrated module multi-chamber CVD processing system)をもちいることである。すなわち、少なくとも3つ処理用真空容器を有し、その処理用真空容器すべてが、第1、2、3および5の手段を有するCVD処理用真空容器であって、基板搬送用真空容器に配置された基板搬送機構は、少なくともふたつの基板を保持することができる搬送用ロボットである。通常、ひとつのブランケットW膜の成膜処理工程には、TiN成膜処理、W膜成膜処理とエッチバック処理が必要となる。この処理でもっとも時間を要する処理工程が、W膜成膜処理工程である。TiN成膜処理とエッチバック処理の処理時間に比べ約4～5倍かかる。TiN成膜処理とエッチバック処理は別の薄膜形成装置で行うこととし、すべての処理用真空容器がCVD処理用であるマルチチャンバ方式のCVD装置の方がひとつのブランケットW膜の成膜処理工程の時間を短くできる。さらに、少なくともふたつの基板を保持することができる搬送用ロボットによって、処理された基板を搬出入用ロードロック真空容器に搬送する工程と未処理の基板を搬送する工程をひとつの工程とすることができる。もっとも好ましいのは、1992年11月20日に出願された米国特許出願番号07/979,255に記載されている基板搬送機構である。その基板搬送機構は、ひとつの基板をつかむハンド(mechanical hand)とふたつの基板待機用ステージを有する蛙足型多関節ロボット(frog-leg type articulated robot)である。このような蛙足型多関節ロボットであれば、その搬

送工程は、(a) 搬出入用ロードロック真空容器から未処理の基板をひとつの基板待機用ステージのせて、

(b) CVD処理用真空容器に面するように回転する。

(c) そのCVD処理用真空容器内から処理済み基板を取り出して、もうひとつの基板待機用ステージにのせる。(d) そして、未処理の基板をそのCVD処理用真空容器内に置く。このような蛙足型多関節ロボットであれば、基板の搬送時間を大幅に短縮することができる。さらに、蛙足型多関節ロボットを回転させるベースプレート(baseplate)の運動回数も少なくできるので、その摺動部からのダストパーティクルも低減できる。なぜなら、米国特許4,951,601に示すような従来のひとつの基板をつかむハンドを有する基板搬送機構では、(a)～(b)までの搬送工程を行うとベースプレートの運動回数は3回であるが、このような蛙足型多関節ロボットでは2回ですむ。さらに、ひとつの基板待機用ステージとひとつの基板をつかむふたつのハンドを前後に配置した蛙足型多関節ロボットであってもよい。また、さらには、基板待機用ステージがなく、ひとつの基板をつかむふたつのハンドのみを前後に配置した蛙足型多関節ロボットであってもよい。

【0039】(10) 第10の手段は、第9の手段の特徴をもつマルチチャンバ方式のCVD装置を用い、以下の特徴を有する基板の処理方法を使用することである。この場合、2つの処理方法がある。ひとつは、ひとつの処理用真空容器のメンテナンス作業中に他の処理用真空容器で基板のCVD処理を行う処理方法と、他は、長期間のメンテナンス作業時間を設定する場合の処理方法である。

【0040】ひとつの処理用真空容器のメンテナンス作業中に他の処理用真空容器で基板のCVD処理を行う処理方法。

【0041】この処理方法を図25(a)と図25

(b)を用いて説明する。 n 個のCVD処理用真空容器 $P(1)$ 、 $P(2)$ 、 $P(3)$ …、 $P(k)$ 、…、 $P(n-1)$ 、 $P(n)$ (但し、 $n \geq 3$)において、はじめに、CVD処理用真空容器 $P(1)$ から $P(n)$ に基板を処理させる。

【0042】第1回目のメンテナンス作業は、 $P(1)$ においては W_m 、 $P(2)$ においては $W_m - W_c$ 、…、 $P(k)$ においては $W_m - (k-1)W_c$ 、…、 $P(n)$ においては $W_m - (n-1)W_c$ の基板を処理した後に行う。

【0043】それぞれのCVD処理用真空容器のメンテナンス作業は、メンテナンス作業時間 T_m 内に行う。ここで、 W_m はメンテナンス作業を始めるまでに処理されるべきあらかじめ設定した基板の枚数を意味する。今後、 W_m をメンテナンス作業基準枚数と名付ける。 W_c は、 $W_c = T_m / t$ で導きだされる。 T_m はあらかじめ定めたメンテナンス作業時間を表わす。 t は1枚の基板を搬

出入用ロードロック真空容器から出ていき、CVD処理用真空容器で処理され、搬出入用ロードロック真空容器に戻るまでの時間である。 Wc は、ひとつのCVD処理用真空容器でメンテナンス作業中に他のひとつのCVD処理用真空容器が処理する基板の枚数を意味する。今後、 Wc を基準処理枚数と名付ける。

【0044】第1回目のメンテナンス作業期間は、 $Wm - (n-1)Wc$ の基板を処理した後に始まり、 $Wm + Wc$ の基板を処理した後に終わる。メンテナンス作業期間の時間は、 $Tm \times n$ である。この $Tm \times n$ 期間は、 t 時間おきに $n-1$ 個の基板が処理される。

【0045】第2回目のメンテナンス作業は、 $P(1)$ においては $2Wm + Wc$ 、 $P(2)$ においては $2Wm$ 、 \dots 、 $P(k)$ においては $Wm - (k-1)Wc + (Wm + Wc)$ 、 \dots 、 $P(n)$ においては $Wm - (n-1)Wc + (Wm + Wc)$ の基板を処理した後に行う。

【0046】第2回目のメンテナンス作業期間は、 $2Wm - (n-1)Wc$ の基板を処理した後に始まり、 $2Wm + Wc$ の基板を処理した後に終わる。メンテナンス作業期間の時間は、第1回目のメンテナンス作業期間と同様に $Tm \times n$ である。

【0047】第N回目のメンテナンス作業は、 $P(1)$ においては $Wm + Wc + (Wm + Wc)(N-1)$ 、 $P(2)$ においては $Wm + (Wm + Wc)(N-1)$ 、 \dots 、 $P(k)$ においては $Wm - (k-1)Wc + (Wm + Wc)(N-1)$ 、 \dots 、 $P(n)$ においては $Wm - (n-1)Wc + (Wm + Wc)(N-1)$ の基板を処理した後に行う。

【0048】第N回目のメンテナンス作業期間は、 $Wm - (n-1)Wc + (Wm + Wc)(N-1)$ の基板を処理した後に始まり、 $Wm + (Wm + Wc)(N-1) + Wc$ の基板を処理した後に終わる。メンテナンス作業期間の時間は、 $Tm \times n$ である。

【0049】それぞれのCVD処理用真空容器でのメンテナンス作業に達する基準を基板の枚数ではなく時間で表示したければ、基板の処理枚数を t で割ればよい。

【0050】この方法によれば、どのCVD処理用真空容器でもメンテナンス作業がされていない期間中、すなわち $Wm/t + Tm - Tm \times n$ 期間中は t 時間ごとに n 個の基板が処理される。メンテナンス作業期間 $Tm \times n$ では、 t 時間おきに $n-1$ 個の基板が処理される。

【0051】後述する第11手段及び第12手段により、メンテナンス作業期間が短縮できるため、この方法は効率よく行なえる。

【0052】長期間のメンテナンス作業時間を設定する場合の処理方法。

Wm を Wc でわったときの商の数値が、CVD処理用真空容器の n 個より小さい場合、上記の処理方法は使用できない。このことは、メンテナンス作業時間を長期間設定することを意味する。そこで、あらかじめ長時間のメ

ンテナンス作業時間 Tm を確保しておきたい場合は、以下の条件で基板の処理を行う。

【0053】最大限に使用できる処理用真空容器の個数 Nu を以下の関係式で導き出す。

【0054】基板処理枚数 Wc は、 $Wc = Tm/t$ で導き出される。ここで、メンテナンス作業時間 Tm はあらかじめ設定した時間である。最大使用処理用真空容器の個数 Nu は、 $Nu = Wm/Wc$ で導き出される。ただし、 $Nu \geq 2$ である。

10 【0055】さらに、 n 個のCVD処理用真空容器 $P(1)$ 、 $P(2)$ 、 $P(3) \dots P(n-1)$ 、 $P(n)$ をグループ分けをする。CVD処理用真空容器 $Nu+1$ 個でひとつの群が形成される。そうすると、群の個数 G は、 $G = n/(Nu+1)$ で導き出される。そのときの、あまりのCVD処理用真空容器 R の個数を R とする。ただし、 $0 \leq R < Nu+1$ である。

20 【0056】この関係式を用いて、次の手順で行う。 G 個の群のうちあるひとつの群のCVD処理用真空容器 $\{GP(1)$ 、 $GP(2)$ 、 $GP(3) \dots GP(Nu)$ 、 $GP(Nu+1)\}$ において、

(a) はじめに、CVD処理用真空容器 $GP(1)$ から $GP(Nu)$ に基板を処理させる。

(b) 上の関係式で導き出された基準処理枚数 Wc に達した時点で、 $GP(1)$ の処理をやめる。それと同時に $GP(2)$ から $GP(Nu)$ の処理を継続しながら、 $GP(Nu+1)$ の処理を開始する。次に基準処理枚数が $2 \times Wc$ になったとき、 $P(2)$ の処理やめて、 $GP(1)$ の処理を開始する。 $GP(Nu-1)$ で基板の処理枚数が $(Nu-1) \times Wc$ に達するまでこの手順を続

30 ける。

(c) $GP(Nu)$ のCVD処理用真空容器で、あらかじめ設定したメンテナンス作業基準枚数 Wm に達した時点でメンテナンス作業を開始する。

(d) $GP(Nu)$ のメンテナンス作業を、メンテナンス作業時間 Tm 内に行う。

(e) Tm 後に $GP(Nu+1)$ のメンテナンス作業を開始する。メンテナンス作業の所要期間は Tm である。次の Tm 後には $GP(Nu+1)$ のメンテナンス作業を開始する。メンテナンス作業をこの手順で繰り返す。

40 (f) (a)工程から(c)工程までの手順を各群も同時に行う。

(g) それとともに、各群のCVD処理用真空容器での基板処理と同時に、すべてのあまりのCVD処理用真空容器 R も、メンテナンス作業基準枚数 Wm まで基板の処理し続ける。メンテナンス作業基準枚数 Wm に達した時点で、すべての R 個のCVD処理用真空容器をメンテナンス作業する。メンテナンス作業の期間は Tm 時間に行う。

50 【0057】 R 個のCVD処理用真空容器のメンテナンス作業するときは、各群のいずれかひとつのCVD処理

用真空容器と同時にしなければならない。したがって、この間は、 $R+G$ 個のCVD処理用真空容器のメンテナンス作業を同時にしなければならない。

【0058】この方法によれば、あまりのCVD処理用真空容器RPがメンテナンス作業されるまで、 t 時間ごとに($Nu \times G + R$)個の基板が処理される。CVD処理用真空容器RPがメンテナンス作業中では、 t 時間ごとに $Nu \times G$ 個の基板が処理される。

【0059】なお、最初に Wc つつの枚数ごとに中止したGP(1)からGP(Nu)は、つぎの処理が開始するまで、メンテナンス作業を行ってもよい。そのメンテナンス作業の所要期間は、 Tm である。

【0060】以上、つぎのような条件のもとであれば、これらの方法でもって、効率よく基板処理とメンテナンス作業が行える。

(a) ひとつの基板を処理するのに相当な時間を要する処理工程であること。スパッタリング処理やエッチング処理のような短時間で処理できるものは不向きである。短時間で処理できる工程では、これらの方法を用いると十分なメンテナンス作業時間が確保できない。したがって、これらの方法は、相当の時間を要するCVD処理工程がもっとも適している。

(b) CVD処理用真空容器が3個以上であること。処理用真空容器が2個だと、メンテナンス作業で基板処理を中断せず連続基板処理ができるが、メンテナンス作業中1枚のみしか基板処理できない。これでは、枚葉式のCVD装置と同じになる。マルチチャンバ方式のCVD装置の特徴である複数基板の同時処理ができなくなる。

(c) 処理用真空容器と搬出入用ロードロック真空容器との搬送時間が短いこと。もし搬送に相当の時間を要すると、処理枚数が増えてくるにしたがい、同時処理されるべき複数基板がずれてくる。このずれの時間の間隔が大きくなると、ひとつの処理用真空容器をメンテナンス作業している最中に、つぎの処理用真空容器のメンテナンス作業を始めなければならないことになる。搬送時間をできるかぎり短くするためには、第7の手段の少なくとも2つの基板を保持(to store)する蛙足型多関節ロボットがもっとも適している。

【0061】第5の目的であるメンテナンス作業の労力を軽減すること。

(11) 第11の手段として反応容器の外壁に循環路を設けることである。この循環路は温度調節機構を有する循環ポンプにつながっている。温度調節機構により循環路を流れる熱媒体の温度を調節する。熱媒体の設定温度の範囲は、CVD反応で生じる副生成物の飽和蒸気圧の温度以上、CVD反応で薄膜の生成する温度以下である。この範囲内で温度設定された熱媒体が循環路を循環することで、反応容器の内壁の温度が設定温度の範囲内となる。副生成物の分子は、反応容器の内壁の温度がその副生成物の飽和蒸気圧の温度以上であるためその内壁

に付着しにくくなる。それとともに、反応容器の内壁の温度がCVD反応で薄膜の生成する温度以下であれば、薄膜がその内壁に堆積することはない。そのため、反応容器の内壁のクリーニング作業の労力が軽減される。熱媒体として水、または油がよい。

【0062】(12) 第12の手段としてリング状固定部材が反応ガスにさらされる露出部分とその他の部分で組立られているようにする。そのすると、反応ガスにさらされる部分の表面上にのみCVD反応による膜が堆積することになる。リング状固定部材をクリーニング作業をする際には、反応ガスにさらされる露出部分のみをとりかえればよいといえる。

【0063】

【実施例】以下に、本発明の実施例を添付図面に基づいて説明する。なお、これらの添付図面は、この発明が理解できる程度に各構成部品の形状、大きさおよび配置関係を概略的に示してあるにすぎない。

【0064】図1は本発明に係るCVD装置の全体構成を示す。図1において、1は内部空間が気密に形成された反応容器であり、反応容器1の内部は図示しない排気装置より所定の減圧状態に保持される。反応容器1の内部空間は反応室となる。反応容器1の外壁に反応容器の壁を加熱する熱媒体が循環する循環路30が備えつけられている。反応容器1に接続される配管2は排気装置に接続される排気管である。反応容器1の内部空間に基板3が配置される。基板3は、反応容器1内の中央位置に設置されたサセプタ4の上に搭載され、基板3の第1表面がリングチャック9に接触し、基板3の第2表面は、サセプタ4に対して保持されるように、保持される。サセプタ4は、下方に配置されたランプヒータ5により加熱され、所要の温度に保たれる。サセプタ4の温度は熱電対6によって測定される。熱電対6で測定されたサセプタ4の温度データは、制御装置に供給され、その温度データに基づき、ランプヒータ5への投入電力量を調整してランプヒータ5の放射される輻射熱を制御し、サセプタ4を所望の温度に制御する。サセプタ4とランプヒータ5の間には光透過材である石英窓7が設けられる。石英窓7は、サセプタ4を加熱するランプヒータ5からの光を通す窓であり、同時に反応室の気密を保つ役目も果たしている。また8は反射部材で、ランプヒータ5から下方に放射された熱を、サセプタ4が配置された側に反射させるためのものである。

【0065】ここでランプヒータ5および反射部材8は組をなしこれが同心円上に等間隔で12組並んでおり、個々のランプヒータがそれぞれ出力制御器を有し、それぞれ別個に電力を制御できるようになっている。

【0066】サセプタ4の基板3と接する表面に深さ一定でドーナツ状の段差加工を施している。ただし基板3がオリエンテーションフラット(いわゆるオリフラ)を有している場合は、段差加工領域の外側のへりの部分

と基板 3 の端とは一定距離を保つようにオリフラ付近では段差加工領域の外側のへりはオリフラと平行になっている。

【0067】サセプタ 4 の上に配置された基板 3 は、上下運動するリングチャック 9 によって固定される。リングチャック 9 はリング形状となっている。そのためリングチャック 9 の中央部に孔 9 a が形成されている。図 1 は、リングチャック 9 が基板を固定している状態を示す。図 2 は、リングチャック 9 と基板 3 の接触状態を示す図 1 の部分拡大図である。基板 3 上には、あらかじめリアクテブスパッタリングで堆積した T i N 膜 5 2 上に熱 C V D で堆積した W 膜 2 4 が堆積している。リングチャック 9 は基板 3 のへりの部分を覆っている。今後、基板 3 のへりの部分とは、リングチャック 9 に覆われた基板 3 の部分をいうことにする。さらに、基板 3 の中心は、リングチャック 9 の中心軸 O に位置している。図 2 の部分拡大図に示すように、リングチャック 9 と基板 3 とがかさなるリングチャック 9 の底面には、複数の点接触部 1 0 が等間隔で設けられている。これらの点接触部 1 0 が、基板 3 のへりの部分に接触して、基板 3 を固定している。点接触部 1 0 は、できる限り基板表面の接触面積を小さくし、かつ、できるだけその点接触部のサイズを小さくする。また、点接触部 1 0 自体の形は、パージガスの流れを乱さない形状がよい。そのため、点接触部の側面が曲面状に形成される。望ましくは、その断面が円形または楕円形にするとよい。とくに、断面が楕円形のときその長径がパージガスの流線方向に沿うようにする。点接触部 1 0 の位置については、図 1 ~ 図 3 で明らかなように、リングチャック 9 の中心軸 O に面する点接触部の側面が内径円より大きな同心円の円周上に位置する。すなわち、リングチャック 9 の内側端面 9 b よりも、中心軸 O の径方向の外側にずらせて配置する。外側にずれる距離は、リングチャック 9 が基板 3 に接触するとき、点接触部 1 0 が基板 3 のへりの部分上に接触する程の距離である。とくに、点接触部 1 0 は、基板 3 を確実に押さえつけるために、図 1 7、図 1 8 及び図 1 9 のように点接触部 1 0 の外側の側面が基板 3 の側面にそろえるようにする。また、さらに、図 2 に示すようにリング状固定部材の中心軸 O と T i N 薄膜 5 2 の領域との距離のうちの最長距離より同心円 5 1 の半径を長くしている。そのため点接触部 1 0 は、基板 3 の S i O₂ 露出面上のみに接触している。点接触部 1 0 は、リングチャック 9 に機械加工で直接に作ることもできる。また別に作製したものを取り付けてもよい。

【0068】点接触部 1 0 の数は、3 個から 1 2 個程度がもっとも適切である。基板を確実にサセプタ 4 に密着させるために、基板 3 の径が大きくなるに応じて、点接触部 1 0 の数を多くする。8 インチ基板では、点接触部 1 0 の数は 1 2 個がよい。

【0069】基板 3 とリングチャック 9 は点接触部 1 0

を介して接触するために、基板 3 がリングチャック 9 によって固定されているとき、基板 3 とリングチャック 9 との間には、間隙 1 1 が形成される。図 2 では、間隙 1 1 の間隔を符号 A で示している。図 2 では、基板 3 とリングチャック 9 の重複部分の中心軸 O の径方向の幅を、符号 B で示している。この重複部分の幅 B は、言い換えると、リングチャック 9 の内径円の半径と基板の半径との差といえる。

【0070】上記のリングチャック 9 は、その下部に複数本の支柱 1 2 によって支持される。本実施例の場合は支柱 1 2 は 2 本である。支柱 1 2 は、反応容器 1 の下壁部 1 3 から気密性を保持した状態で反応容器外に引き出される。支柱 1 2 は、反応容器 1 の外において、昇降装置（図示せず）に連結され、上下方向 1 4 に移動できる。これにより、リングチャック 9 を昇降させる。リング 1 5 は、リングチャック 9 が基板 3 を固定するときに、リングチャック 9 が安定して固定するための支持リングである。図 2 に示すように、支持リング 1 5 にはバイトンゴム 1 6 が取り付けられ、リングチャック 9 の外側のへり部分は、バイトンゴム 1 6 に押し当てられる。

【0071】反応容器 1 の上壁部には、基板 1 に対向する位置に反応ガスを供給するガス供給機構が設けられる。1 7 はガス吹出し部、1 8 はガス導入ノズル、1 9 は反応ガス供給源である。本実施例の C V D 処理では、W F₆ と H₂ との還元反応によるタングステン成膜が行われる。従って、反応ガス供給源 1 9 から供給される反応ガスは、W F₆ および H₂ である。

【0072】循環路 3 0 は配管 3 1 を通じて温度調節機構を有する循環ポンプにつながっている。循環路を流れる熱媒体として不活性ガス、水、または油がよい。熱媒体の設定温度の範囲は、W F₆ と H₂ との反応で生じる副生成物の H F ガスの飽和蒸気圧の温度以上、W 膜の生成する温度以下である。H F ガスの飽和蒸気圧の温度は約 7 0 °C である。W 膜の生成する温度は約 2 0 0 °C である。したがって、熱媒体の設定温度の範囲は 7 0 °C 以上 2 0 0 °C 以下となる。この範囲内で温度設定された熱媒体が循環路 3 0 を循環することで、反応容器 1 の内壁の温度が 7 0 °C から 2 0 0 °C 内となる。副生成物である H F 分子は、反応容器 1 の内壁の温度が H F ガスの飽和蒸気圧の温度以上であるためその内壁に付着しにくくなる。それとともに、反応容器 1 の内壁の温度が 2 0 0 °C 以下であれば、W 膜がその内壁に堆積することはない。そのため、反応容器 1 の内壁のクリーニング作業の労力が軽減される。ただし、クリーニング作業を始めるまえに、反応ガスの供給を停止して、温度調節機構により熱媒体の設定温度を下げて反応容器の壁面を 4 0 °C 近くまで下げて行う。

【0073】さらに、熱媒体が循環路 3 0 内を循環することで反応容器 1 の内壁が加熱されるため、反応ガスの

H₂ が基板3やリングチャック9に衝突してH₂ 分子が基板3の熱を奪うことを抑制できる。内壁が加熱されていることで、反応ガスの一部のH₂ 分子が内壁に衝突して熱を受け取る。これにより、基板3やリングチャック9に衝突して基板3の熱を奪うH₂ 分子の数が減少する。そのため、基板3を所定の温度に維持するためにサセプタ4に照射する輻射熱の量が、熱媒体が循環路30内に循環しない場合に比べ少なくすむ。さらに、リングチャック9の温度が低下して、基板3とリングチャック9の温度差がおおきくなることによる熱移動の促進を抑えることができる。さらに、反応容器1の上部壁面上に循環路を形成することもできる。そうすれば、さらに効率よく水素ガスを加熱することができる。

【0074】サセプタ4の後方にはパージガス供給機構が設けられる。20はパージガスの供給ノズル、21はパージガス供給源である。パージガスとしては、例えばアルゴンArなどの不活性ガスが使用される。ノズル20からCVD装置内に供給されたパージガスは、通路22を通り、リングチャック9と基板3との間隙11を通して反応空間内に吹出す。通路22の途中のサセプタ4と石英窓7との間をパージガスが通るとき、ランプヒータ5によってパージガスは加熱される。パージガスが加熱されることで、リングチャック9と基板3との間隙11を通るとき、パージガスが点接触10や基板のへりの部分から熱を奪うことはない。パージガスが加熱されることで基板3のへりの周辺部分の温度低下を防止することができる。図2において、矢印23はパージガスの流れを示す。前述のバイトンゴム16は、供給されたパージガスがすべて間隙11から吹出すように、支持リング15とリングチャック9の外縁部との間のシールを行い、パージガスが漏れるのを防止する。

【0075】上記の実施例において、代表的な成膜条件として、成膜温度400℃、成膜圧力50Torr、成膜用反応ガスH₂、WF₆の供給流量がそれぞれ1000SCCM、100SCCMである。

【0076】上記のCVD装置による成膜動作について説明する。CVD装置の反応容器1内は所要の減圧状態に保持される。複数のランプヒータ5により加熱されて所定の温度に設定されたサセプタ4の上に、図示しない搬送機構で搬送された基板3が配置される。このとき、基板3は、前工程のスパッタリングによりその表面にTiN膜等が形成され、かつ基板3のへりの部分にリング形状のSiO₂露出面が形成されている。その後、基板3はサセプタ4に置かれ、リングチャック9が降りて基板3を固定する。リングチャック9の点接触部10を基板3のへりの周辺に接触させて、基板3を固定する。基板3が固定されると、ガス吹出し部17から反応ガスが吹出し、反応室内に導入される。反応ガスは、基板3の表面での化学反応により薄膜が形成される。タングステン成膜処理には、反応ガスWF₆、H₂を反応容器1内

に導入することによって、WF₆のH₂還元反応により基板3上にW薄膜が形成される。未反応ガスおよび副生成ガスは、排気管2を通して外部に排気される。上記の成膜が行われている間、下方からはノズル20を通してパージガスが、成膜条件に応じた所要の流量で供給される。CVD装置内に供給されたパージガスは、間隙11を通して反応空間内に吹出される。

【0077】上記の構成を有するCVD装置ではつぎのふたつの作用が生じる。

10 【0078】まず第1の作用は基板上の膜厚分布の均一性の向上である。基板3を固定するリングチャック9は点接触部10のみで基板3と接触するため、基板と全周が接触していた従来構造に比べ基板3からリングチャック9への熱の逃げが接触面積の減少分だけ減る。そのため基板温度がへりの部分で急激に低下することなく、従来のような基板のへりの部分でのシート抵抗値の急激な上昇もなくなって基板表面全面で均一な膜厚分布を得ることができる。

20 【0079】全基板表面の温度を均一にする前提として、サセプタに熱伝導率の高い材料を使用する。基板に接触するサセプタの表面が基板の温度の分布を決定する。熱伝導率の高い材料であれば、サセプタの温度を速やかに所定の温度に設定できる。つまりサセプタに置かれた基板の温度も速やかに所定の温度になるといえる。加熱機構、たとえばランプヒータ、の放出される熱量（輻射熱）の微妙な調整に対しても鋭敏にサセプタ及び基板の温度が調整できる。熱伝導率の高い材料として、アルミニウム、カーボンおよび銅があげられる。本実施例のサセプタはアルミニウム製である。

30 【0080】さらに、全基板表面の温度の均一性を達成するためには、複数のランプヒータを基板の裏側に配置する。そして、各ランプヒータは光照射量を制御できる電力制御機構をそなえている。個々のランプヒータの配置位置関係およびその電力制御機構を調節することで、全基板表面の温度を均一にすることができる。リングチャックが基板を押さえつける接触部で基板の熱が逃げるのが考えられる。そのため、その接触部周辺で基板表面の平均温度より低くなることが考えられる。そこで、個々のランプヒータの配置位置として、リングチャックが基板を抑える接触部周辺の裏面に配置することが最適といえる。そして、個々のランプヒータの電力制御機構でそれぞれのランプヒータの光照射量を微妙に調節する。とくに、ランプヒータの配置関係としては、接触部の裏面に基板の中心に同心円上に等間隔に配置すると、その接触部に光を均一に照射できる。このようなランプヒータ配置関係により、従来のようにひとつの円形ランプヒータまたはふたつの半円形ランプヒータを用いた場合のその切れ目による光照射の不均一の問題が生じない。また、各ランプヒータの電力制御機構により、リングチャックが基板を抑えつける圧力の不均一さ、また

は、同一投入電力でもそれぞれのランプヒータの照射量の微妙な差を各ランプヒータに投入する電力をそれぞれ別個に制御することで基板表面の温度を補正することができる。この補正の手順とし、複数のランプヒータを基板の接触点の周辺の裏側に基板の中心と同心円上に等間隔で配置する。つぎに、同一かまたは適当な電力を各ランプヒータに加えた状態で成膜を行い、その膜厚分布より基板表面内での温度の偏りを知りその偏りに応じて各ランプヒータの電力の増減を行う。その後再び成膜を行い、その膜厚分布の結果が満足するものであれば終了し、満足するものでなければ再び前記補正の操作を繰り返す。本実施例では接触部が12個あるので、同心円上に等間隔に配置するランプヒータの個数として12個配置するのがもっともよい。

【0081】また、さらに全基板表面の温度の均一性を精密に達成するためには、サセプタにおいて、基板と接する側の表面に段差加工を行う。段差加工の領域とその深さを制御することで基板表面の温度分布を制御し、膜厚分布をより均一に達成できる。段差の深さ、形状の決定は、最初段差がない状態で成膜を行いその膜厚分布よりシート抵抗値が低い部分すなわち温度が相対的に高い部分に対応して適当な段差加工を施す。その後、成膜を行いその時の膜厚分布が満足するものであれば終了し、満足するものでなければ再び段差加工による補正を行う。段差加工の領域は、つぎのようにすると決定することができる。最初に加工前のサセプタを用いて基板に成膜させる。基板全面に堆積した膜のシート抵抗値を測定する。シート抵抗値の最大値と最小値からシート抵抗値の平均値を導き出す。シート抵抗値は基板表面の温度と反比例する。シート抵抗値の最大値は基板表面の最も低い温度を、その最小値は基板表面の最も高い温度をそれぞれ示す。そのシート抵抗値の平均値は基板表面温度の平均値を示すことになる。そこで、シート抵抗値の平均値よりも低いシート抵抗値、すなわち基板温度の平均値より高い温度、を示す領域に段差加工をすればよい。その段差加工された領域の深さはつぎのようにして決定できる。サセプタの段差加工された部分は、基板とサセプタとの間に間隙を形成する。この間隙に通常パージガスがはいりこむ。この間隙の幅はその入り込むガスの平均自由工程よりも大きいと考えられるため、ガスの流れの状態は粘性流の状態といえる。この間隙を通して基板に熱が伝わる。この間隙に存在するガス、すなわちパージガス、の流れの状態が粘性流であるため、基板に伝わる熱量はガスの種類と間隙の幅、すなわち段差の深さに依存する。特定のパージガス、たとえばArガスを使用したときは、結局、基板に伝わる熱量は間隙の幅、すなわち段差の深さのみに依存する。段差が深くなればなるほど、基板に伝わる熱量は減少する。いいかえれば、段差が深くなればなるほど、基板の表面温度の上昇がおさえられる。以上の見地に基づいて、平均温度（平均シート

抵抗値）とそれよりも高い温度（低いシート抵抗値）の温度差（シート抵抗値の差）に対応して、段差の深さを調節する。たとえばサセプタがアルミニウム製でパージガスがArガスのとき、図13及び図8のグラフから段差を0.1mm深くなるにつれて基板表面の温度が約6℃さがることがわかった。このような段差の深さと基板表面の温度差との関係を容易に見いだすことはできる。この関係に基づき、段差加工の深さを調節することで、基板表面全体の温度分布を均一にすることができる。また、さらに、このように段差加工したサセプタを用いて基板に成膜させそのシート抵抗値から、段差加工領域と深さを再度調節してもよい。このように領域とその深さを調節して段差加工したサセプタを使用すれば、基板表面全体の温度分布を精密に均一にすることができる。その結果、所望の基板温度を設定すると、基板表面全体のどの部分でも所望の温度となる。

【0082】以上膜厚分布の向上について具体例を述べる。

【0083】最初に12個のランプヒータをリングチャック9が基板3を抑える接触部周辺の裏側に基板の中心と同心円上に等間隔で配置した。図16は、そのランプヒータ配置でアルミ製サセプタ4に段差加工をしないときの等シート抵抗値線を示した図である。さらに、それぞれの電力制御機構を調節し基板の周辺部で温度が高くなっている部分が同心円の環状なるようにした。図6の等シート抵抗値線が密になっている部分が、基板表面上で温度が高くなっている部分である。そこで、その同心円上に温度が高くなっている部分に対応するサセプタ4の部分に段差加工を施した。その結果が図7及び図8である。

【0084】図7と図8は、本実施例の装置によって8インチ基板上に成膜されたW膜のシート抵抗値分布である。図7はφ180mm径内での面内分布であり、分布は±3.7%と良好となっている。図7では従来のランプヒータ形状からくる不均一さは見られない。また、図8はある半径方向に沿ったシート抵抗値分布図である。図8では従来装置を用いた場合に比べ基板のへりの部分でのシート抵抗値の急激な上昇がなく、またサセプタの段差加工の効果によって従来結果ではシート抵抗値が低かった部分が高く凸になっておりシート抵抗値分布は±3.3%と良好となっている。本実施例における段差加工形状は8インチ基板を処理するにあたって検討した結果は、外径φ170mm内径φ80mm深さ0.1mmの環状の段差加工が最も良好であった。また、6インチ基板を処理するにあたっては外形φ120mm内径φ60mm深さ0.1mmの環状の段差加工が最も良好であった。更に基板にオリフラが存在する場合はオリフラを考慮し、基板の端から段差加工のへりの部分までの距離が一定になるように段差加工のへりの部分はオリフラ側でオリフラと平行にすると良い。

【0085】第2の作用は明確なシャドウ領域の形成とマイクロピーリングの防止である。図2で明らかなように、基板3の表面に薄膜24が形成されるとき、点接触部10の中心軸Oに面する側面、すなわち内側の側面は内縁端面9bと同一面とならないので、薄膜24が、点接触部10の内側の側面部を経由してリングチャック9の上面に至るまでひとつづきに形成される部分がない。従って、基板3からリングチャック9がはなれるとき、従来装置で発生したマイクロピーリングが発生しないので、微細なダストパーティクルが発生することはない。

【0086】また上記実施例の構成では、所要流量のパージガスを間隙11から反応室側へ吹出すようにしたため、反応ガスが間隙11内に侵入するのをパージガスで阻止し、基板3の表面上に形成される薄膜24が、間隙11内の基板のへりの部分の表面に至るまで形成されることがない。図2に示されるように、薄膜24のへりの部分はリングチャック9の内縁端面9bにほぼ一致した位置に形成される。薄膜24のへりの部分の形成位置がリングチャック9の内径円にほぼ一致するように、間隙11から吹出されるパージガスの流量が設定される。このため、後述するように、パージガスの流量（符号Cで表す）は、前述した間隙11の距離Aおよびリングチャック9が基板3のへりの部分を覆う重複部分の幅Bとの間において、特定の関係を満足するように設定される。パージガスの流量と点接触部の位置関係を調節することで、基板3の表面に形成される薄膜24が、間隙11内に侵入して、点接触部10の側面部にひとつづきとなって薄膜が形成することはない。従って、薄膜24は点接触部10に及ばないので、リングチャック9が基板3から

【0087】また、間隙11から所要流量のパージガスを吹出すことにより、急峻なシャドウ境界が形成されることを可能にする。急峻なシャドウ境界を形成することは、同時に、基板のへりの部分に接触する点接触部10の側面に薄膜を形成させないことを意味する。

【0088】図4～図6を参照して、本実施例におけるシャドウの形成について説明する。図4～図6はリングチャック9の内径円と基板3のへりの部分との関係を示し、各図にはそれぞれ前述したA（間隙11の高さ）、B（重複部分の幅）、C（パージガスの流量）が示されている。シャドウ領域が形成されるのは、パージガスが間隙11から反応室へ吹出し、間隙11内で反応ガス

（主にWF₆）を枯渇させることにより、リングチャック9の内径円近傍で成膜速度が急速に低下する結果である。このシャドウ形成におけるシャドウ幅を決定するパラメータは、間隙11から吹出すパージガスの線速度C/Aと、間隙11内に侵入する反応ガスの拡散速度である。図4～図6では、パージガスの線速度C/Aとシャ

ドウ形成状態の関係を示す。

【0089】図4～図6では、パージガスの流量を一定とした場合において、リングチャック9と基板3との距離Aを変化させときの、リングチャック9の内径円付近の基板3上の成膜領域の結果を示している。図4に示すごとく、リングチャック9と基板3との間隔が最適距離（ここではAが最適な値であるとする）においては、基板のへりの部分の成膜されない部分の幅、すなわちシャドウの幅が、リングチャック9が基板3のへりの部分を覆う幅Bに等しくなり、これにより所望のシャドウを得ることができる。これに対し、図5に示すごとく、リングチャック9と基板3との間隔が最適距離Aよりも大きい値A1であるときには、パージガスの線速度C/A1が小さくなり、基板3上の成膜領域は間隙11の間に侵入して基板のへりの部分のSiO₂領域まで成膜されるので、好ましくない。一方、図6に示すごとく、リングチャック9と基板3との間隔が最適距離Aよりも小さい値A2であるときには、パージガスの線速度C/A2が大きくなり、基板3上の成膜領域はリングチャック9の内径円近傍にも達せず、縮んでしまうので、好ましくない。

【0090】図5および図6の場合には、C/A1またはC/A2が最適値C/Aと一致すれば、基板上の成膜領域に関し、図4に示した状態と同じ状態を作ることができる。すなわち、Aが大きいときにはパージガスの流量Cを増し、Aが小さいときにはパージガスの流量Cを減らすことにより、線速度を最適な値にし、図4に示す最適な成膜領域を形成する。

【0091】ただし、パージガスの流量が増大すると、反応容器1内の圧力が増大し、成膜プロセスに影響を与える。例えば、全圧を固定した場合、H₂分圧が相対的に減少し、成膜速度の低下を招く。このような場合には、装置の機械的精度が許す範囲で間隔Aを小さくし、パージガスの流量Cも小さくすべきである。

【0092】点接触部10は、図17に示すように、リングチャック9の内縁端面9bよりも中心軸Oの径方向の外側であって、基板3の側面と点接触部10の外側の側面がそろって位置に配置することもできる。基板3を最もしっかりとサセプタ4に接触させることができる。さらに、図2のBが一定ならば、基板表面上に薄膜が生成する面積を最も広くすることができる。

【0093】間隙11における点接触部10が設けられた箇所では、点接触部10の存在自体がパージガスの進行の障害になるので、前述の成膜領域の制限効果を単純に当てはめることはできない。そこで点接触部10が設けられた箇所において、成膜領域が点接触部10に及ばないようにするため、前述のごとく、点接触部10をできる限り小さいものとし、また点接触部10の側面を曲面とした。本実施例では、点接触部10の形状を円柱とした。これによって、図3に示すようにパージガス25

が点接触部10の内側にも十分に回り込み、点接触部以外の箇所と同様なシャドウ形成効果が生じる。また点接触部10の大きさについては、リングチャック9が基板3のへりの部分を覆う幅Bとの関係に基づいて決定される。なお図3において、26は基板3の円周を示す線であり、27はリングチャック9の内径円を示す線である。

【0094】次に具体的な実施例について説明する。前述の通り、シャドウは、間隙11の間隔Aと、リングチャック9が基板3を覆う幅B（リングチャック9の内径円の半径と基板3の半径との差）、パージガス（Arガス）流量Cとによって決定される。これらのパラメータの最適値は、A：0.2～0.3mm、B：3mm、C：300SCCMである。この最適値の場合には、リングチャック9の内径円付近の下の基板上での成膜状態は、図4に示すように、急激に膜厚が薄くなる。基板3のへりの部分領域には成膜せず、明確なシャドウが形成された。この時のシャドウ幅はBとほぼ等しく、3mmであった。図15は本実施例の装置によって基板上に成膜されたブランケットW膜のへりの部分に形成されたシャドウラインを光学顕微鏡によって観察した一例（写真）である。幅約0.3mm程度の良好なシャドウラインが形成されており、マイクロピーリングは全く観察されなかった。図20は、基板全体に急峻なシャドウラインが形成された図解をしめす。また電子顕微鏡の観察の結果、膜厚が急激に薄くなるのは、図2に示すように、300μm程度の幅Dの範囲内であり、それより内側の成膜は正常に行われた。このとき12個の点接触を有するリングチャック9を用いた。各点接触の内側の側面がリングチャック9の内径円より大きな円51の円周上に等間隔で配置されている。

【0095】点接触部10の基板3と接触する面積は、できるかぎり小さいほうがよい。熱の移動量は接触する面積に比例するから、基板3からリングチャック9に逃げる熱の量は、点接触部10の基板3と接触する面積で決定される。すなわち、点接触部10の底辺部の面積できまる。そこで、図18にしめすように点接触部10の底辺部の形状を曲面とするとよい。さらに、点接触部10は図19に示すようにピン形状にするとよい。

【0096】点接触部10の断面でもっとも長い距離は、Bの距離よりも小さい。すなわち、点接触部10の断面が円形であるときは直径、楕円形であるときは長径がBの距離よりも小さい。とくに、Bの距離の半分以下に設定することが望ましい。Bが3mmであるときには、点接触部10の直径または長径は1.0～1.5mmである。本実施例の場合、点接触部10が形成された箇所においても、シャドウの幅は3mmであった。

【0097】もっとも好適なマルチチャンバ方式のCVD装置（an integrated multi-chamber CVD processing system）を図21に示す。このマルチチャンバ方式の

CVD装置は、図1の構成を備える4つのCVD処理用真空容器P（1）、P（2）、P（3）及びP（4）、搬入用ロードロック真空容器300、搬出用ロードロック真空容器301とこれらの中心に配置された基板搬送用真空容器304で構成されている。図示していないが、各真空容器は真空ポンプが備え付けられている。とくに、各CVD処理用真空容器の排気管2には油回転ポンプ（oil-sealed rotary pump）つながっている。各CVD処理用真空容器の外壁には各CVD処理用真空容器の壁面の温度を調節する熱媒体が流れる循環路30が備え付けられている。各CVD処理用真空容器の循環路30は、図示していないがそれぞれ配管31を通じて温度調節機構を有する循環ポンプにつながっている。各真空容器間にはゲートバルブ302が備え付けられている。搬送用真空容器304内の中心には、基板搬送用の蛙足型多関節ロボット303が配置されている。蛙足型多関節ロボット303は、ベースプレート305上に、アーム312、ふたつの基板待機ステージ306、307とアーム312に結合した基板把持用ハンド308で構成されている。基板把持用ハンド308には、基板をつかむための4つの爪309を有している。ふたつの基板待機ステージ306、307は、基板把持用ハンド308の前後の運動方向310の下に配置されている。基板待機ステージ307上には未処理の基板53が乗っている。アーム312は上下に動くことができる。アーム312が上下運動できることで基板待機ステージ上に基板を置いたり、とりあげたりすることができる。ベースプレート305が自転することで、蛙足型多関節ロボット303全体が回転する。この回転運動できることで蛙足型多関節ロボット303は各CVD処理用真空容器に面することができる。蛙足型多関節ロボット303の搬送方法は、前述したとおりである。

【0098】このマルチチャンバ方式CVD装置を用いて搬送方法をしめす。

【0099】ひとつのCVD処理用真空容器のメンテナンス作業が必要となるのは、約1,000程度基板が処理されたときである。1枚の未処理の基板が搬入用ロードロック真空容器300からでてCVD処理用真空容器で処理され、処理済みの基板が搬出用ロードロック真空容器301にもどってくるまで、約6分程度かかるこの条件で、ひとつのCVD処理用真空容器がメンテナンス作業中に他のCVD処理用真空容器で基板をする方法を説明する。メンテナンス作業時間は、通常、5時間程度必要となる。基準処理枚数 $W_c = T_m / t = 5 \times 60$ （分）／6（分／枚）＝50（枚）。

【0100】この方法を図22を用いて説明する。最初にP（1）、P（2）、P（3）P（4）に基板を搬送し処理する。第1回目のそれぞれのCVD処理用真空容器のメンテナンス作業はP（4）の処理枚数が850枚、P（3）の処理枚数が900枚、P（2）の処理枚

数が950枚、および、P(1)の処理枚数が1,000枚までそれぞれ処理が達したら、メンテナンス作業を開始する。第1回目のメンテナンス作業期間は、基板処理開始から85時間後に始まり105時間後に終了する。このメンテナンス作業期間の所要時間は20時間である。

【0101】第2回目のそれぞれのCVD処理用真空容器のメンテナンス作業はP(4)の処理枚数が1,900枚、P(3)の処理枚数が1,950枚、P(2)の処理枚数が2,000枚、および、P(1)の処理枚数が2,050枚までそれぞれ処理が達したら、メンテナンス作業を開始する。第2回目のメンテナンス作業期間は、基板処理開始から190時間後に始まり210時間後に終了する。

【0102】以上の手順を繰り返す。

【0103】この処理方法によれば、メンテナンス作業期間の20時間の間は、6分おきに3枚ずつ処理される。

【0104】メンテナンス作業時間をあらかじめ50時間(約2日)としておきたいときの基板処理方法は次のようになる。メンテナンス基板枚数 $W_c = 300$ (分)/6(分/枚) = 500(枚)。最大使用処理用真空容器の個数 $N_u = W_m / W_c = 1,000$ (枚/個)/500(枚) = 2(個)。群の個数 $G = n / (N_u + 1) = 4 / 3 = 1$ (あまり1)。4個のCVD処理用真空容器でメンテナンス作業時間50時間だと、ひとつの群をつくることができる。そこで、ひとつの群を{P(1)、P(2)、P(3)}でつくる。あまりのCVD処理用真空容器RPはP(4)とする。

【0105】この方法を図23を用いて説明する。最初に、P(1)、P(2)、P(4)に基板を搬送し、処理する。処理枚数が500枚に達したら、P(1)に処理を停止する。それと同時に、P(3)に基板を搬送し処理を始める。P(2)、P(3)、P(4)に基板を搬送して処理する。P(2)とP(4)の処理枚数が1,000枚に達したら、P(2)とP(4)の処理を停止してメンテナンス作業を開始する。P(2)の処理停止と同時にP(1)の処理を開始する。P(3)、P(1)で基板処理をしている間に、P(2)とP(4)をメンテナンス作業する。P(3)の処理枚数が1,000枚に達したらP(3)の処理を停止して、メンテナンス作業を開始する。P(3)の処理停止と同時にP(2)とP(4)を再開する。P(1)、P(2)、P(4)で基板処理をしている間にP(3)のメンテナンス作業をする。この手順を繰り返して行う。

【0106】この方法によれば、処理開始から100時間まで約6分おきに基板3枚が処理される。つぎの100時間から150時間の間は約6分おきに基板2枚処理される。150時間から250時間の間は約6分おきに基板3枚処理される。あまりのCVD処理用真空容器P

(4)で処理している時間である100時間中は基板は3枚処理される。P(4)がメンテナンス作業で中断されている時間の50時間は基板は2枚処理される。すなわち、100時間の期間は約6分おきに基板3枚処理され、つぎの50時間の期間は約6分おきに基板2枚処理される。

【0107】なお、最初に500枚数ごとに中止したP(1)は、つぎの処理が開始するまで、メンテナンス作業を行ってもよい。そのメンテナンス作業の所要期間は、50時間である。

【0108】もし、上述と同一条件でCVD処理用真空容器が5個であるときは、ひとつの群とあまりが2個のCVD処理用真空容器となる。そこで{P(1)、P(2)、P(3)}をひとつの群として、あまりのCVD処理用真空容器RPはP(4)とP(5)となる。P(4)とP(5)がメンテナンス作業をするまでの時間の期間、すなわち処理開始から100時間までは、基板は約6分おき4枚処理される。P(4)とP(5)がメンテナンス作業している期間中、つぎの100時間から150時間の間は約6分おきに基板2枚処理される。

【0109】もし、上述と同一条件でCVD処理用真空容器が6個であるときは、ふたつの群となる。そこでひとつの群を{P(1)、P(2)、P(3)}ともうひとつの群を{P(4)、P(5)、P(6)}とする。このばあい、連続して約6分おきに基板4枚処理される。

【0110】CVD処理用真空容器内のメンテナンス作業のうちのひとつの作業であるクリーニングを簡便にするため、図24に示すようにリングチャックをふたつの部分に分ける。リングチャック9は、支柱12に結合している台の部分44上に基板3覆うひさしの部分43を六角穴付きボルト41で固定することで組み立てられる。ひさしの部分43の表面は、反応ガスにさらされる。そのため、図24に示すようにひさしの部分43の表面上にのみW膜47が堆積することになる。リングチャック9をクリーニングする際には、ひさし部分のみをとりかえればよいといえる。

【0111】さらに、台の部分44にはくぼみ46が形成されている。このくぼみ46が、リングチャック9の内部を流れる熱媒体の流路となる。この熱媒体は、せいぜい約200℃程度に加熱された媒体である。熱媒体の温度が200℃以上であるとリングチャック9上にW膜が堆積するのを促進するので好ましくない。この熱媒体は冷却媒体ではない。なぜなら、もし、冷却媒体であると、基板3からリングチャック9への熱移動が促進されるからである。WF₆とH₂との化学反応でW膜を生成する場合、熱媒体の最適な最低温度として約70℃といえる。熱媒体の温度が70℃以上であれば、この化学反応で生成する副生成物であるフッ化水素ガスがリングチャックの表面上に付着しないからである。したがって、

この場合の熱媒体の設定温度範囲は、約70℃から約200℃といえる。

【0112】熱媒体として、Arガス、N₂ガスなどの不活性ガス、油、水がある。とくに、不活性ガスが好ましい。不活性ガスは、真空容器内にもれても、CVD反応に影響を与えない。さらに、クリーニング作業でリングチャック9をとりはずしたとき、くぼみ46に残ることがないので、真空容器内にこぼれ落ちることはない。クリーニング作業に熱媒体が真空容器の内壁や他の部品に付着することはない。六角穴付きボルト41とくぼみ46との間には溝が形成され、そこにフッ化ゴム製Oリングゴム45が設置されている。Oリングゴム45により、熱媒体が真空容器内に漏れるのを防止している。支柱12の内部を通っている配管42とくぼみ46は、支柱12が台部分44と結合しているところの内部でつながっている。リングチャック9の中で熱媒体が循環されるので、リングチャック9が加熱される。基板3と接触部10との温度差が少なくなるのでその温度差による熱量の移動を抑制することができる。したがって、基板3のへりの部分で温度が低下するのを防止できる。

【0113】ひさしの部分44はタングステン製または商標「モネルメタル」(“MONEL” metal)のニッケルと銅の合金製である。これらの材質であれば、熱膨張係数がW膜と同じなため、ステンレス製よりも膜厚が厚くてもダストパーティクルは発生しない。そのため、ステンレス製のリングチャックよりもメンテナンス作業に達するまでの処理枚数を増やすことができる。

【0114】

【発明の効果】本発明によれば、ブランケットタングステンにより成膜を行うマルチチャンバ方式のCVD装置において、良好な膜厚分布を得ることができ、また基板にタングステン膜を成膜した後に、リングチャックを基板から離しても、マイクロピーリングによる微細な剥がれが生ぜず、微細なダストパーティクルの発生を抑え、高い歩留まりを達成することができる。また明確な形状のシャドウ領域を作ることができ、これによってダストパーティクルの発生を抑え、同様に高い歩留まりを維持できる。また、本発明によれば、マルチチャンバ方式のCVD装置の処理方法において、メンテナンス作業のために装置の稼働を中断せずに、連続して成膜することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係るCVD装置の好適な実施例を示す縦断面図である。

【図2】リングチャックと基板との関係を示した図1の拡大縦断面図である。

【図3】リングチャックと基板との関係を示した部分平面図である。

【図4】リングチャックと基板の位置関係を説明するための第1の条件を示す縦断面図である。

【図5】リングチャックと基板の位置関係を説明するための第2の条件を示す縦断面図である。

【図6】リングチャックと基板の位置関係を説明するための第3の条件を示す縦断面図である。

【図7】この好適な実施例による12個のランプヒータの配置しサセプタに段差加工施したときの膜厚分布で基板面内分布を等シート抵抗値線で示した図である。

【図8】この好適な実施例による膜厚分布で基板半径方向のシート抵抗値分布と、本実施例で用いたサセプタの表面に形成した段差加工を対応させて示した図である。

【図9】従来のCVD装置の縦断面図である。

【図10】従来のCVD装置で発生するマイクロピーリングを説明するための図である。

【図11】従来のCVD装置で発生するマイクロピーリングを説明するための図である。

【図12】従来のCVD装置による膜厚分布で基板面内分布を等シート抵抗値線で示した図と従来のCVD装置で使用されたふたつの半円形ランプヒータの配置を膜厚分布と対応させて示した図である。

【図13】従来のCVD装置による膜厚分布で基板半径方向のシート抵抗値分布を示した図である。

【図14】基板上に形成された微細なパターンを表しているものの写真であり、さらに詳しくは、従来のCVD装置によってブランケットW膜が成膜された基板上のへりの部分に発生したマイクロピーリングを示す写真である。

【図15】基板上に形成された微細なパターンを表しているものの写真であり、さらに詳しくは、本発明の好適な実施例によるCVD装置によってブランケットW膜が成膜された基板上のへりの部分に発生したシャドウラインを示す写真である。

【図16】12個のランプヒータの配置しサセプタに段差加工をしないときの膜厚分布で基板面内分布を等シート抵抗値線で示した図である。

【図17】リングチャックの接触部の外側の側面と基板の側面がそろっている位置関係を示した縦断面図である。

【図18】リングチャックの接触部の基板と接触する面が曲面で接触部の外側の側面と基板の側面がそろっている位置関係を示した縦断面図である。

【図19】リングチャックの接触部がピン形状の接触部でその外側の側面と基板の側面がそろっている位置関係を示した縦断面図である。

【図20】基板全体に明確なシャドウラインが形成された図解をしめす。

【図21】各モジュール化された処理用真空容器が全てCVD処理用反応容器であるマルチチャンバシステムの好適な実施例をしめす。

【図22】各CVD処理用真空容器での処理手順をしめすフローチャート図である。

【図23】各CVD処理用真空容器での処理手順をしめすフローチャート図である。

【図24】台の部分とひさしの部分で組立られているリングチャック図である。

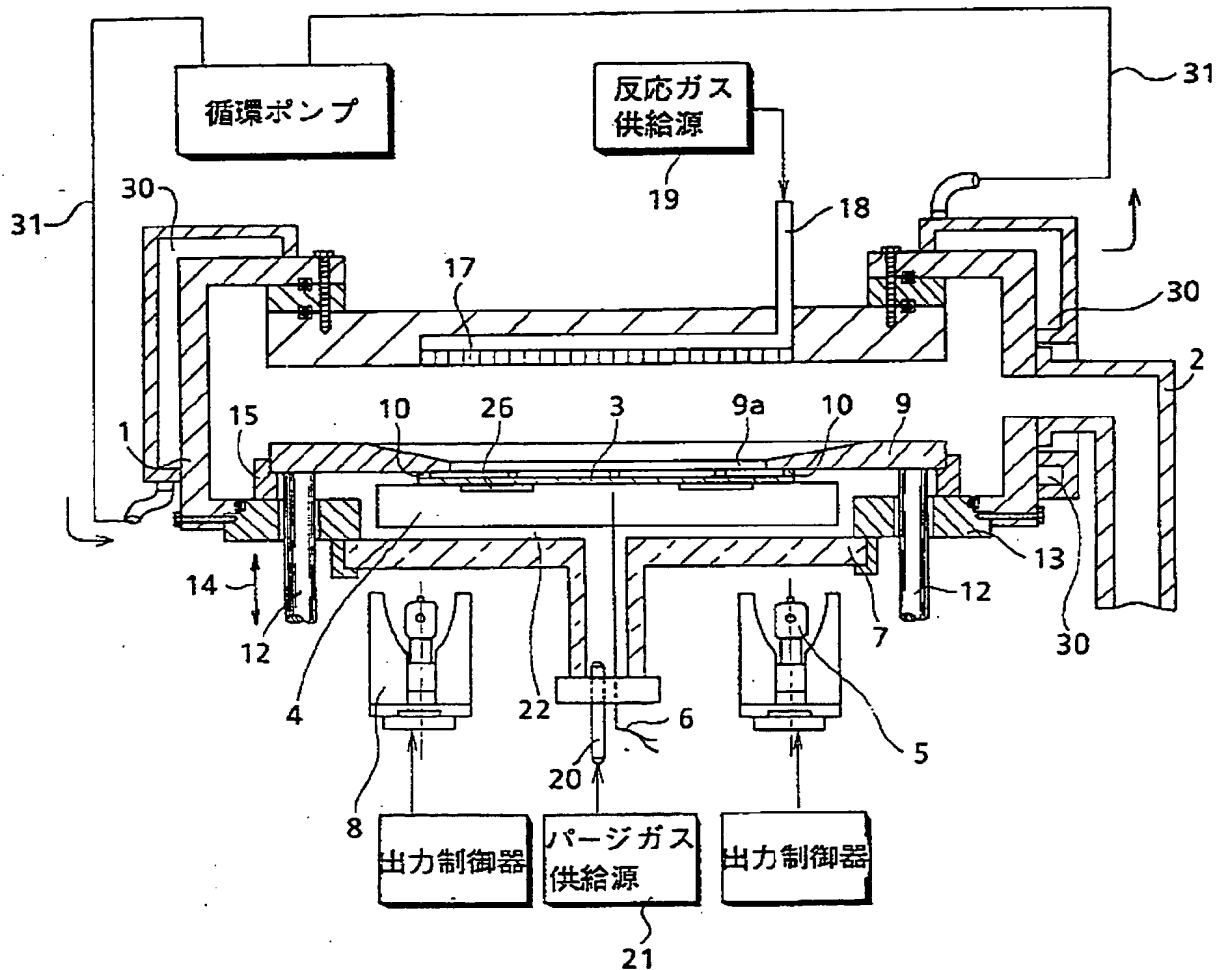
【図25(a)】各CVD処理用真空容器でのメンテナンス作業に達するまでの基板の処理枚数を示す表である。

【図25(b)】各CVD処理用真空容器での処理手順をしめすフローチャート図である。

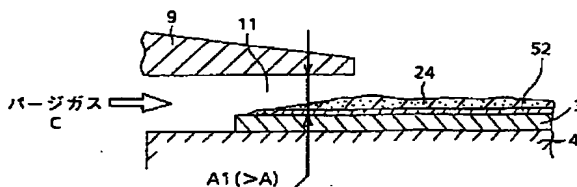
【符号の説明】

- | | |
|----|---------|
| 1 | 反応容器 |
| 2 | 配管 |
| 3 | 基板 |
| 4 | サセプタ |
| 5 | ランプヒータ |
| 6 | 熱電対 |
| 9 | リングチャック |
| 10 | 点接触部 |

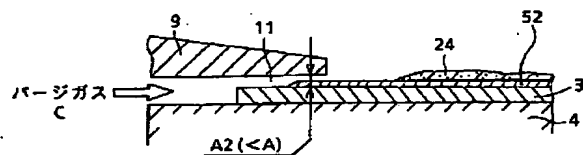
【図1】



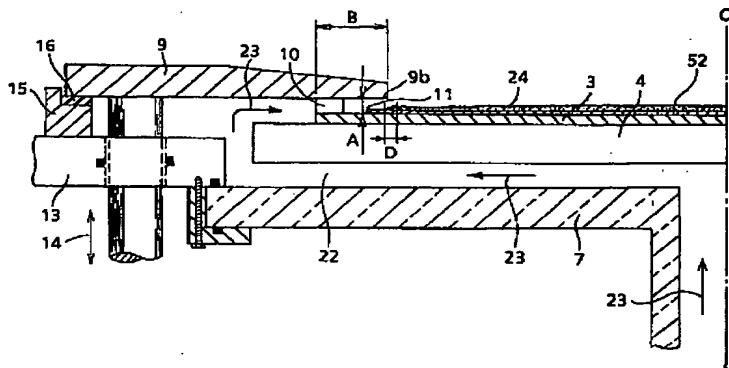
【図5】



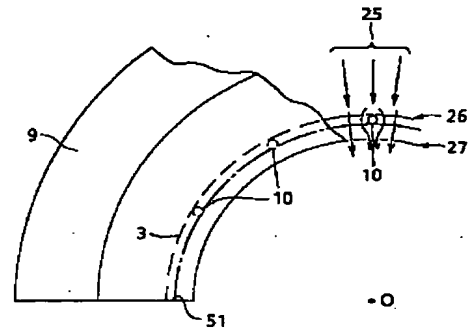
【図6】



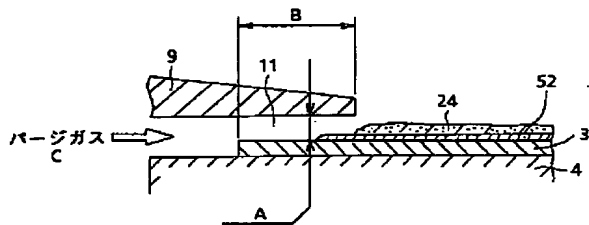
【図2】



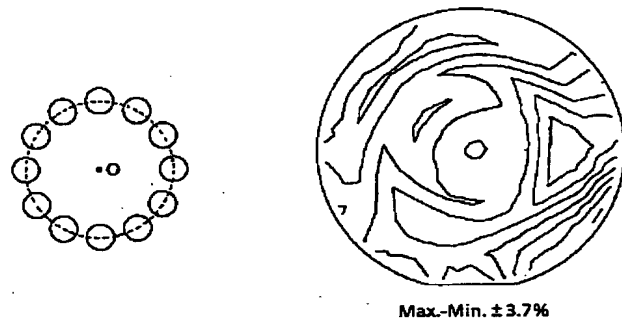
【図3】



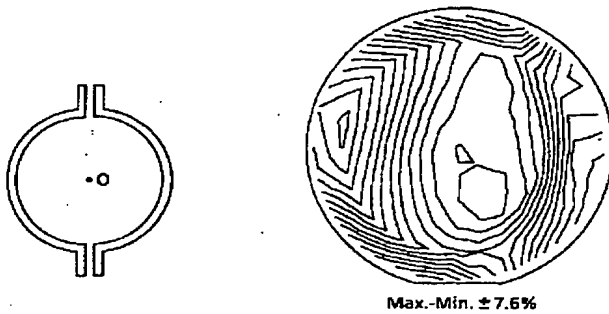
【図4】



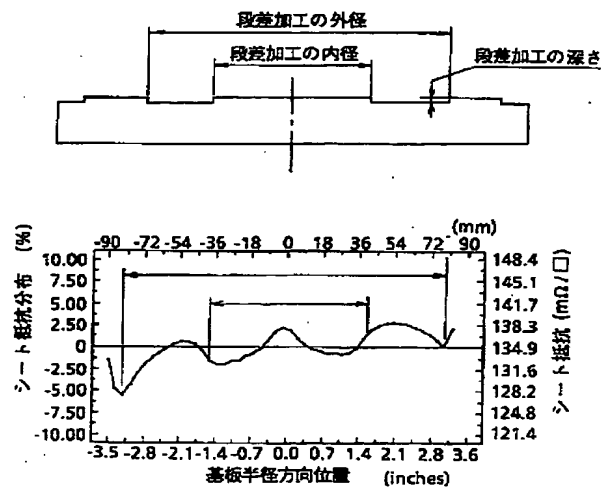
【図7】



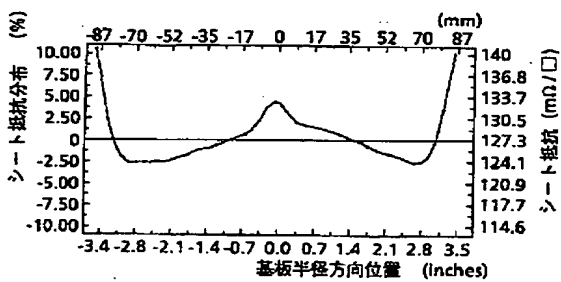
【図12】



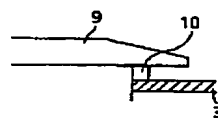
【図8】



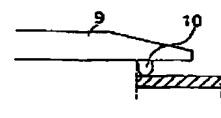
【図13】



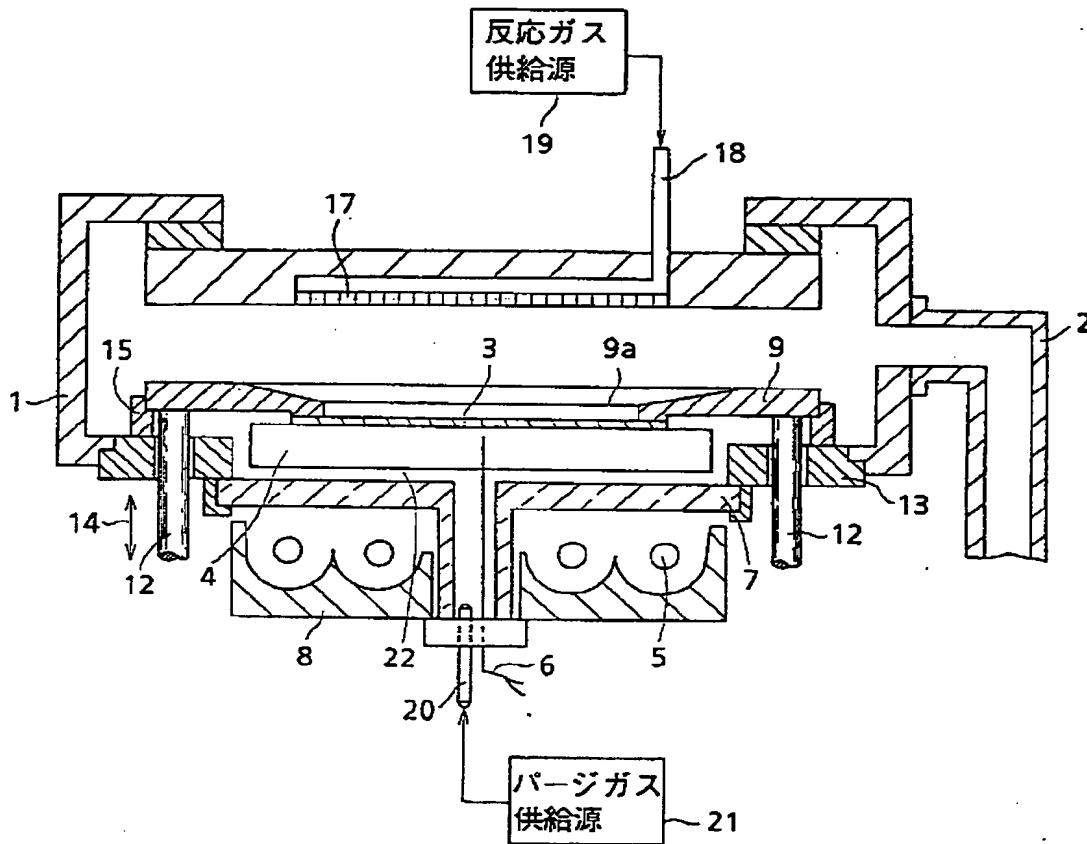
【図17】



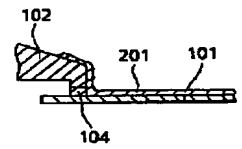
【図18】



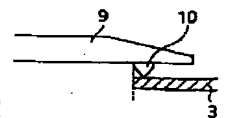
【図9】



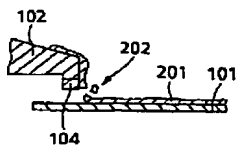
【図10】



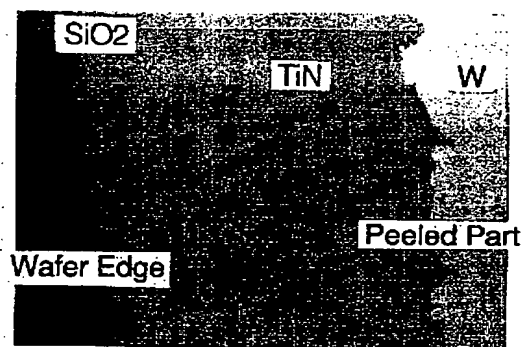
【図19】



【図11】

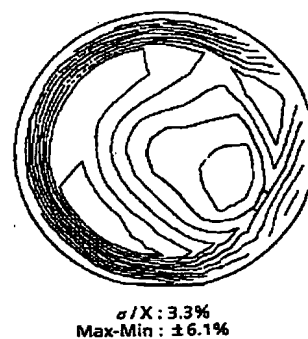


【図14】

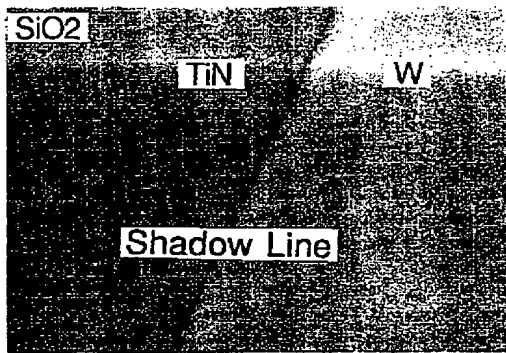


Micro Peeling (x50)

【図16】

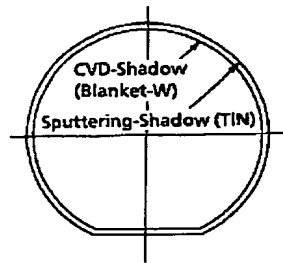


【図15】

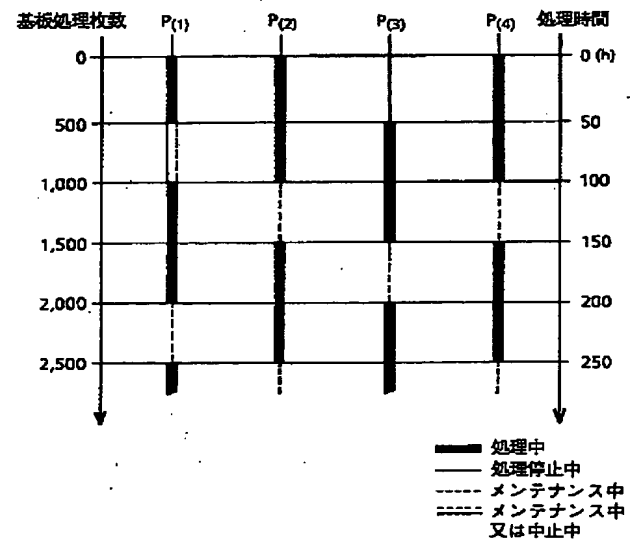


Shadow Line (×50)

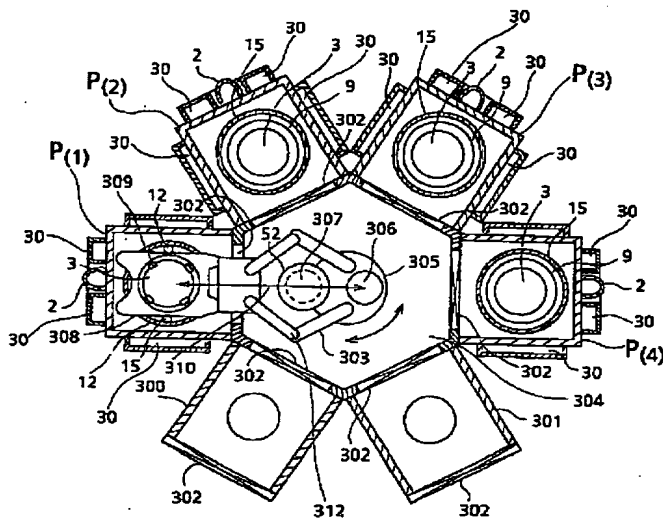
【図20】



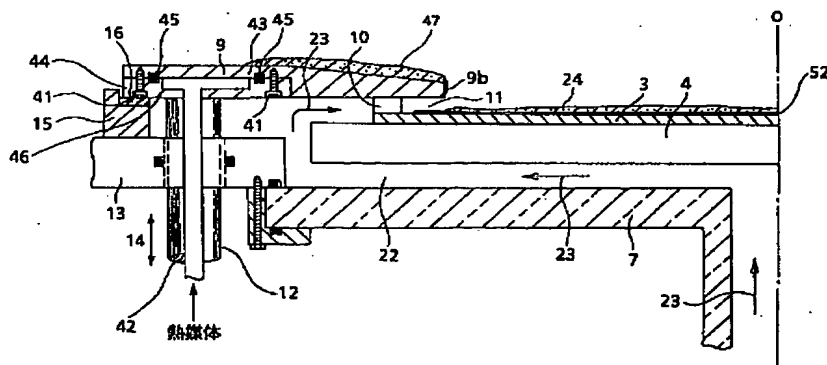
【図23】



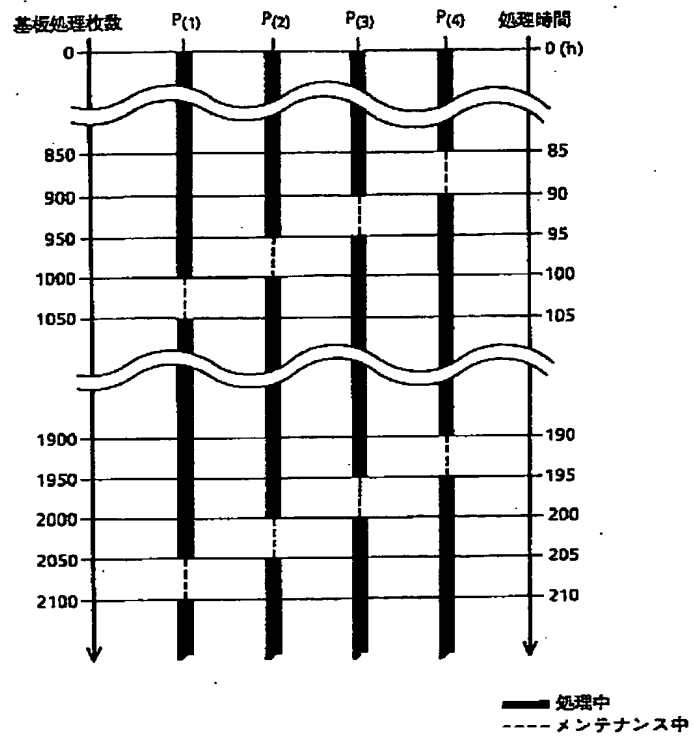
【図21】



【図24】



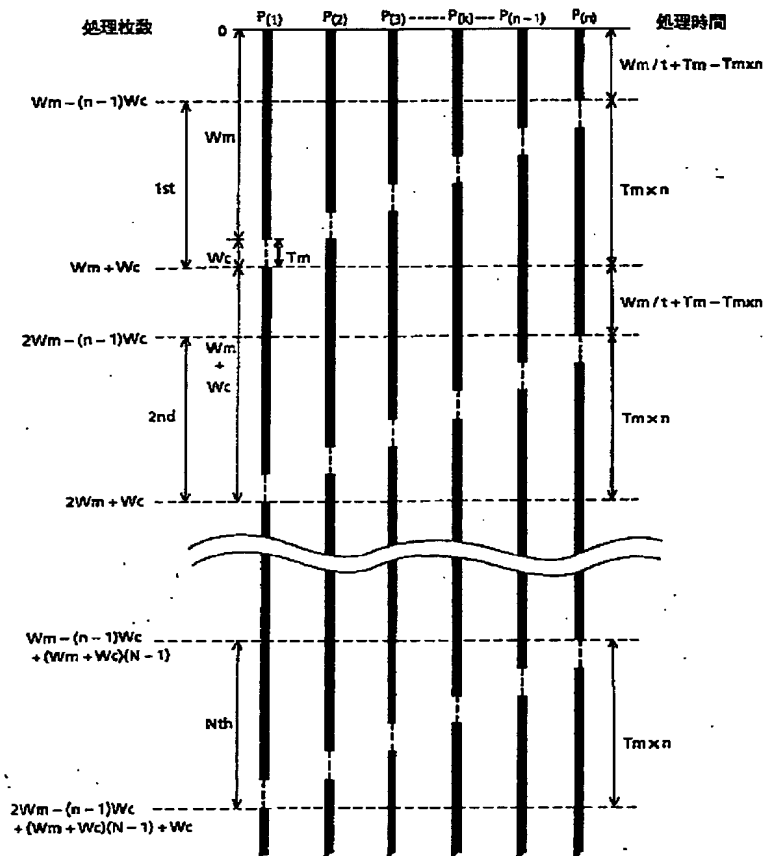
【図22】



【図25(a)】

メンチャンス チャンパー	1st	2nd	.....	N-th	.....
P(1)	$Wm-(1-1)Wc$	$Wm-(1-1)Wc+(Wm+Wc)(2-1)$	.....	$Wm-(1-1)Wc+(Wm+Wc)(N-1)$	.....
P(2)	$Wm-(2-1)Wc$	$Wm-(2-1)Wc+(Wm+Wc)(2-1)$	.....	$Wm-(2-1)Wc+(Wm+Wc)(N-1)$	.....
P(3)	$Wm-(3-1)Wc$	$Wm-(3-1)Wc+(Wm+Wc)(2-1)$	.....	\vdots	.....
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
P(k)	$Wm-(k-1)Wc$	$Wm-(k-1)Wc+(Wm+Wc)(2-1)$	.....	$Wm-(k-1)Wc+(Wm+Wc)(N-1)$	.....
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
P(n)	$Wm-(n-1)Wc$	$Wm-(n-1)Wc+(Wm+Wc)(2-1)$	.....	$Wm-(n-1)Wc+(Wm+Wc)(N-1)$	.....

【図25(b)】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H 0 1 L 21/68

識別記号

片内整理番号

F I

H 0 1 L 21/68

技術表示箇所

A